



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**

---

**División de Ciencias e Ingeniería**

**Aprovechamiento turístico y manejo de arrecifes  
de coral en Mahahual, Quintana Roo.**

**TESIS**

**Para obtener el grado de**

**LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS  
NATURALES**

**Presenta**

**Haydée López Adame**

**Director de Tesis**

**Dr. Ricardo Torres Lara**

**Chetumal, Quintana Roo, México, octubre de 2011.**

# UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

---

División de Ciencias e Ingeniería



Tesis elaborada bajo la supervisión del comité de Tesis del programa de Licenciatura y aprobada como requisito para obtener el grado de:

LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

COMITÉ DE TESIS

Director: \_\_\_\_\_  
Dr. Ricardo Torres Lara

Asesor: \_\_\_\_\_  
M.C. Gabriela G. Nava Martínez

Asesor: \_\_\_\_\_  
Biól. Héctor A. Hernández Arana

Chetumal, Quintana Roo, México, octubre de 2011.

## DEDICATORIA

A mi madre,  
por su ejemplo,  
porque desearía ser la mitad de lo que ella es,  
porque su apoyo ha sido y es infinito,  
gracias mami, te quiero mucho.

A mis hijos, por sobrellevar mis  
ausencias y mis prisas, los amo.

A mi padre y mi hermana porque siempre confiaron  
en que lograría terminar este proyecto,  
y siempre han estado apoyándome, los quiero mucho.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi director de Tesis el Dr. Ricardo Torres por su confianza y creer que yo podría realizar un proyecto como éste, por todas las horas de trabajo necesarias para elaborarlo y por ser una de las principales personas en mi formación profesional.

Gracias a la M.C. Gabriela Nava por haberme aceptado en Oceanus, A. C., lo que me permitió aprender el trabajo que se realiza en el ambiente que más me apasiona, el mar y conocer por medio del manejo de los recursos naturales lugares muy hermosos. Por todo su apoyo y tiempo invertido en la elaboración de este documento.

Gracias al Dr. Héctor Hernández por incluirme en los muestreos de The Ocean Found, lo que me permitió desarrollar este proyecto, por sus contribuciones en la elaboración de este documento y en mi formación profesional.

Gracias a Héctor Hernández, Miguel Ruiz, Gaby Nava, Laura Chanona, Alejandro Vela y Humberto Bahena por que todos trabajamos juntos en los muestreos arrecifales. Gracias a Braulio Aguilar por su ayuda en la aplicación de las entrevistas. Gracias los revisores de este documento, al Dr. Miguel Ruiz y la M.C. Jennifer Ruiz.

Este estudio fue apoyado económicamente por el proyecto: "Spatial patterns of coral recruitment and sea urchin distribution" financiado por The Ocean Found y ejecutado por El Colegio de la Frontera Sur- unidad Chetumal y al financiamiento otorgado por la Universidad de Quintana Roo en la convocatoria 2009 "Apoyo a la titulación", de la División de Ciencias e Ingeniería.

## RESUMEN

En la actualidad, Mahahual es una comunidad dedicada principalmente al turismo; debido a esto, el desarrollo se ha incrementado generando afectaciones en sus recursos naturales y ecosistemas. La introducción de estrategias de manejo en áreas naturales que no las presentan se ha identificado como una necesidad para la conservación de los ecosistemas. Este estudio tiene como objetivo general elaborar una serie de propuestas de manejo dirigidas a los prestadores de servicios turísticos que operan en Mahahual, estas propuestas están basadas en la información obtenida mediante una evaluación arrecifal, la aplicación de entrevistas y de observaciones directas en Mahahual. El muestreo arrecifal se realizó en el año 2009, se obtuvo un porcentaje promedio de cobertura coralina en la laguna arrecifal de 6.42% (D. E.  $\pm$  3.36) y en el arrecife frontal de 10.57% (D. E.  $\pm$  3.28), el porcentaje promedio en el arrecife de Mahahual fue de 8.5% (D. E.  $\pm$  4.1). En comparación con resultados obtenidos hace más de 10 años, la cobertura coralina muestra una disminución, con un aumento concomitante en la cobertura algal y un cambio estructural en las especies dominantes i.e. la reducción de especies estructuralmente importantes como *A. palmata*, *A. cervicornis*, *M. annularis*. Por lo que, el presente estudio considera que el arrecife coralino de Mahahual se encuentra seriamente afectado. Se aplicó una entrevista a un prestador de servicios turísticos por cada operadora turística establecida en Mahahual en julio del 2010, los resultados permitieron identificar la ausencia de estrategias de manejo para las actividades turísticas desarrolladas en el arrecife coralino; un aumento en el número de sitios para uso turístico, falta de organización entre los prestadores de servicios, aunado a un desconocimiento de mecanismos de regulación y vigilancia para las actividades de pesca y actividades recreativas acuáticas. Finalmente, se identificaron necesidades básicas sobre las que se proponen recomendaciones de manejo desarrolladas en cinco iniciativas: 1) Aplicar la normatividad existente en relación a mecanismos de regulación y vigilancia; 2) Establecer un programa de educación ambiental, que incluya la legislación y normatividad; 3) Organizar a los prestadores de servicios para que tengan un mecanismo de decisión e interlocución; 4) Implementar una estrategia de zonificación y 5) Proponer estrategias adicionales de conservación y restauración.

## LISTA DE ACRONIMOS

AGRRA	Atlantic and Gulf Rapid Reef Assesment (Evaluación Rápida de arrecifes en el Atlántico y Golfo)
ANP	Área Natural Protegida
AMP	Área Marina Protegida
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
D. E.	Desviación estándar
GPS	Sistema de Geo-posicionamiento Satelital
GVI	Global Vision Internacional
IISA	Índice Integrado de la Salud Arrecifal
LGEEPA	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
LIT	Línea de Intersección
MIRC	Programa de Manejo Integrado de Recursos Costeros
POET	Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial
POEMyRGMMyMC	Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe
PST	Prestadores de Servicios Turísticos
SAM	Sistema Arrecifal Mesoamericano
SEDETUR	Secretaria de Turismo de Quintana Roo
SEMARNAT	Secretaria de medio ambiente y recursos naturales
UQROO	Universidad de Quintana Roo
UGA	Unidad de Gestión Ambiental

## **LISTADO DE APÉNDICE**

- Apéndice 1. Cuestionario para prestadores de servicios turísticos en Mahahual, Quintana Roo.
- Apéndice 2. Listado de especies.
- Apéndice 3. Porcentaje promedio de cobertura coralina en todos los sitios de Mahahual, Quintana Roo.
- Apéndice 4. Porcentaje promedio de los indicadores de la condición de la cobertura de coral en todos los sitios de Mahahual, Quintana Roo.
- Apéndice 5. Leyes y normas relacionadas a los arrecifes de coral y a los prestadores de servicios turísticos.

## **LISTADO DE TABLAS**

- Tabla 1. Sitios para actividades turísticas en el área arrecifal de Mahahual
- Tabla 2. Funciones del guía de turistas en arrecifes de coral
- Tabla 3. Tipos de impactos naturales
- Tabla 4. Esquema de integración
- Tabla 5. Características de los sitios de muestreo en el arrecife coralino de Mahahual
- Tabla 6. Listado de los géneros presentes de los componentes vivos en los 12 sitios de muestreo.
- Tabla 7. Listado de especies con mayor abundancia identificadas en los 12 sitios de muestreo.
- Tabla 8. Recomendaciones de manejo para prestadores de servicios turísticos en áreas arrecifales de Mahahual, Quintana Roo.

## **LISTADO DE FIGURAS**

- Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.
- Figura. 2. Diseño de muestreo aleatorio jerárquico en el arrecife coralino de Mahahual.
- Figura 3. Ubicación de los sitios de muestreo arrecifal en Mahahual.
- Figura 4. Porcentaje de cobertura coralina por sitio en la laguna arrecifal de Mahahual.

- Figura 5. Porcentaje de cobertura coralina por sitio en el frente arrecifal de Mahahual.
- Figura 6. Porcentaje de cobertura de grupos vivos por sitio en la laguna arrecifal de Mahahual
- Figura 7. Porcentaje de cobertura de grupos vivos por sitio en el frente arrecifal de Mahahual.
- Figura 8. Porcentaje de cobertura de los cinco grupos de algas identificados en la laguna arrecifal de Mahahual.
- Figura 9. Porcentaje de cobertura de los cinco grupos de algas identificados en el frente arrecifal de Mahahual.
- Figura 10. Índice algal de macroalgas, macroalgas calcáreas ramificadas y algas de tapete en la laguna arrecifal de Mahahual.
- Figura 11. Índice algal de macroalgas, macroalgas calcáreas ramificadas y algas de tapete en el frente arrecifal de Mahahual.
- Figura 12. Asociación entre el índice algal de las algas de tapete y la cobertura coralina en el arrecife de Mahahual.
- Figura 13. Asociación entre el índice algal de las macroalgas y la cobertura coralina en el arrecife de Mahahual.
- Figura 14. Porcentaje de mortalidad antigua en la cobertura coralina por sitio de la laguna arrecifal de Mahahual.
- Figura 15. Porcentaje de mortalidad antigua en la cobertura coralina por sitio en el frente arrecifal de Mahahual.
- Figura 16. Porcentaje de colonias con enfermedad en el frente arrecifal.
- Figura 17. Porcentaje de colonias con blanqueamiento en laguna arrecifal de Mahahual.
- Figura 18. Porcentaje de colonias con blanqueamiento en el frente arrecifal de Mahahual.



## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	10
Arrecifes de coral .....	11
Importancia del manejo en la conservación de los arrecifes de coral .....	12
<b>CAPITULO I</b> .....	14
<b>ANTECEDENTES</b> .....	14
Desarrollo turístico .....	14
Condición arrecifal .....	15
Acciones de manejo .....	16
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	17
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	17
Objetivos Específicos .....	17
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	18
<b>CAPITULO II</b> .....	20
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	20
<b>METODOLOGÍA</b> .....	22
Diseño de muestreo .....	22
Trabajo en campo .....	24
Análisis de datos .....	26
<b>CAPITULO III</b> .....	27
<b>RESULTADOS</b> .....	27
<b>DISCUSIÓN</b> .....	46
<b>RECOMENDACIONES DE MANEJO</b> .....	53
<b>REFERENCIAS</b> .....	60

## INTRODUCCIÓN

Las zonas costeras en México presentan un alto desarrollo turístico. En especial, el Caribe mexicano representa un gran atractivo turístico por la amplia diversidad de ecosistemas, hábitat, y recursos naturales con que cuenta, como los humedales, las playas arenosas, las lagunas costeras y los arrecifes de coral (Amigos de Sian Ka'an, 1998). Así, la actividad turística se ha convertido en una de las actividades económicas más importantes del país. En el Caribe mexicano, el estado de Quintana Roo genera aproximadamente un tercio de todos los ingresos por turismo en el país (Murray, 2007 y SEDETUR, 2011), además de ser un estado importante para el turismo cuenta con diferentes estrategias de manejo para la conservación de los recursos naturales, como las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y los Programas de Ordenamiento Ecológico. El estado cuenta con 21 ANP de diferentes categorías localizadas en ambientes marinos, de las cuales 14 son a nivel federal y 7 a nivel estatal (CONANP, 2010); la extensión marina de estas áreas es de 1,972 km<sup>2</sup> y dentro de ellas también se desarrolla el turismo (Iniciativa Arrecifes Saludables, 2010).

En el estado es posible distinguir dos clases de áreas marinas, por un lado las que se encuentran dentro de una ANP, como Arrecifes de Xcalak, Banco Chinchorro, Sian Ka'an, Cozumel y Puerto Morelos, y las que se encuentran fuera de una ANP, como Playa del Carmen, Akumal, Xahuayxol, Uvero y Mahahual. En general todas las áreas son importantes para el desarrollo turístico, pero las últimas, requieren la implementación de estrategias de manejo para la conservación y protección, de modo que se puedan aprovechar de manera sustentable sus recursos naturales. Por lo que, la introducción de medidas de regulación (manejo) en las áreas marinas con aprovechamiento turístico que no presentan ningún estatus de protección, es una meta necesaria de alcanzar para la conservación de los ecosistemas.

El presente estudio tiene especial interés en el ecosistema arrecifal coralino, el cual muestra signos de deterioro producto de disturbios naturales y antropogénicos (McField y Kramer, 2007). Debido a la importancia económica del turismo y a la importancia ecológica del arrecife coralino, este estudio se centra en

elaborar una propuesta de manejo, dirigida principalmente a las actividades turísticas realizadas en un arrecife de coral.

### **Arrecifes de coral**

Los arrecifes del Caribe mexicano forman parte del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), el segundo de mayor importancia en el mundo, se distribuyen desde la península de Yucatán hasta Honduras, pasando por Belice y Guatemala, con una longitud aproximada de 1,000 km (Kramer *et al.* 2000). Los corales formadores de arrecifes son animales invertebrados pertenecientes al Phylum Cnidaria, del Orden Scleractinea. Se desarrollan en los mares tropicales del mundo, por sus aguas claras y cálidas; el éxito de este desarrollo se basa en la relación simbiótica que establecen con las algas llamadas Zooxantelas; estas algas se alojan dentro del tejido de los pólipos, quienes reciben nutrientes y oxígeno por parte de las algas, e igualmente remueven productos de desecho como el CO<sub>2</sub> y favorecen la formación del esqueleto calcáreo, característico de estos corales; el pólipo le proporciona a las algas un refugio y ciertos nutrientes para subsistir (Knowlton *et al.*, 2001).

El arrecife sustenta en su estructura una alta diversidad de grupos biológicos (Jordán, 1993 y Reaka-Kudla, 1997). Es posible encontrar algas de distintos tipos, como las algas filamentosas, algas coralinas incrustantes y algas verdes; esponjas, gusanos, crustáceos y moluscos, al igual que corales blandos como los gorgonáceos; pero el grupo dominante (por su cobertura) son los corales pétreos, de ahí el nombre de arrecifes coralinos o arrecifes de coral (Goreaut *et al.*, 1979). Los arrecifes ofrecen una gran variedad de servicios ambientales entre los que destacan: el sustento de pesquerías tropicales, por lo que son fuente de proteína animal para numerosas poblaciones humanas; numerosas especies son extraídas para acuarismo y como recuerdos; en algunos países se extrae material coralino como elemento de construcción; el refugio y alimentación que proveen a una gran variedad de especies marinas; la eficiente estructura de protección contra huracanes y tormentas; el abastecimiento de productos básicos para la producción de fármacos de alta demanda y la generación de ingresos como promotor de la industria turística (Kramer *et al.*, 2000 y Carricart, 2008).

Sin embargo, y a pesar de su importancia, las condiciones de los arrecifes de coral se han modificado y muestran signos de deterioro; la intensidad y frecuencia de distintos disturbios en años recientes es una probable causa de este cambio. En 1980, la enfermedad de banda blanca probablemente devastó las poblaciones de *Acropora* donde solían ser el principal constructor del arrecife (Lighty *et al.*, 1982). En 1983, se presentó la mortalidad de *Diadema antillarum* desfavoreciendo el pastoreo de algas en el arrecife (Jordan, 1993 y Lessions, 1998). Para 1998, los principales disturbios fueron el evento de El Niño y el huracán Mitch (Kramer *et al.*, 2000). En el 2005, se presentaron temperaturas anormales sobre la superficie del mar causando blanqueamiento en los corales, generándose así una pérdida masiva (Wilkinson *et al.*, 2005); además dos huracanes en ese mismo año impactaron el Caribe, Emily y Wilma causando daños considerables en los arrecifes de la región (Álvarez-Filip y Nava, 2005).

Aunado a esto, las amenazas de origen antropogénico como el desarrollo portuario y costero, la construcción para desarrollos urbanos, turísticos y hoteleros en zonas costeras, el turismo de crucero, la contaminación y la destrucción del hábitat han generando una gran susceptibilidad a eventos naturales, enfermedades y depredación (Murray, 2007).

En la actualidad, los arrecifes del Caribe se encuentran afectados y en condiciones de estrés (Iniciativa Arrecifes Saludables, 2010). Ante estas amenazas, la condición de un arrecife de coral puede ser evaluada en términos de algunos indicadores clave en el ecosistema. La cobertura coralina es un indicador importante porque es lo que establece la estructura arrecifal (Jordan, 1993). La relación de esta cobertura coralina con la cobertura algal es también un indicador importante del funcionamiento del ecosistema (Jordan, 1993, Guko *et al.* y McField *et al.*, 2007). Otros indicadores incluyen estructura de tallas, así como porcentaje de enfermedades, blanqueamiento y otras afecciones. (Guko *et al.* y McField *et al.*, 2007).

### **Importancia del manejo en la conservación de los arrecifes de coral**

Una estrategia del manejo de recursos naturales para la conservación y protección en el país es el establecimiento de ANP (CONANP, 2009). Las ANP son instrumentos jurídicos de política ambiental y las actividades que en ellas se

realizan están sujetas a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), por medio de los Programas de Manejo de cada área (CONANP, 2009). En México existe una superficie aproximada de 23,148,432 hectáreas correspondientes a ANP de carácter federal.

Los Programas de Manejo son instrumentos de planeación y regulación que establecen las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración de las ANP. Los programas contienen diversos componentes para su ejecución como el componente de aprovechamiento y conservación de los recursos naturales, de monitoreo y turismo, algunos subcomponentes como el de inspección, vigilancia y zonificación; en cada uno de ellos se determinan lineamientos y normas, donde se establece la forma de llevarlas a cabo, lo que contribuye a la conservación de los ecosistemas y recursos naturales de las ANP (CONANP, 2009).

Algunas ANP de México están ubicadas en ambientes que son propicios para el desarrollo del turismo y apoyadas con los Programas de Manejo, se establecen medidas de regulación para las actividades turísticas; esto ha permitido en muchas ANP la conservación de los recursos naturales y el desarrollo exitoso del turismo. Sin embargo, existen áreas que no presentan ningún tipo de regulación y ante la condición de perturbación que manifiestan los arrecifes coralinos, generado por disturbios naturales y antropogénicos (McField y Kramer, 2007), es apremiante la implementación de estrategias de regulación que permitan la conservación y protección de los arrecifes de coral en áreas turísticas en donde no se observan (Jordan, 1993).

## CAPITULO I

### ANTECEDENTES

#### Desarrollo turístico

El desarrollo turístico en Mahahual inicia a partir de 1997, con el objetivo de crear un destino turístico de bajo impacto y baja densidad, lo que significaba la visita de pequeños grupos a las playas, los arrecifes, los sitios arqueológicos y los poblados mayas (Daltabuit *et al.*, 2007). Para 1999 se inicia la construcción del muelle de cruceros, la cual termina en el 2002; con esta obra se pretendía incorporar con mayor determinación al Caribe mexicano en el mercado de cruceros (Daltabuit *et al.*, 2007). En el 2000, se decreta el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Costa Maya (POET), el cual define al área como una zona de desarrollo turístico de baja densidad, con un tope de 15,000 cuartos de hotel para toda el área. Así, en Mahahual comenzó el desarrollo de un turismo con un modelo de baja densidad y la afluencia fue primordialmente de visitantes cruceristas por horas. Ante este resultado, el POET - Costa Maya fue modificado y con la publicación del decreto en el 2006, se redefinió un horizonte de 20 mil cuartos, el cual también admite diversas formas de actividades. En el 2004 el Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR) anuncia su participación con el Plan Grand Costa Maya, el cual pretendía repetir el modelo de turismo desarrollado en el norte del estado de Quintana Roo, sin embargo fue rechazada su ejecución al no cumplir con la protección de diversos ecosistemas (IDRC, 2010). La actividad turística en Mahahual sufre un colapso al verse seriamente afectada con el impacto del huracán Dean en el 2007 debido a que derrumba, casi en su totalidad, la infraestructura turística de la localidad incluyendo el muelle de cruceros. En ese mismo año, el gobierno del estado de Quintana Roo y FONATUR financian la reconstrucción del muelle e inician la construcción del Malecón Mahahual. Con estas dos obras se reinicia el desarrollo turístico de Mahahual el cual presenta un incremento paulatino debido al aumento en el número de cuartos de hotel y a la alta afluencia de pasajeros por concepto de crucero entre el 2007 y el 2010 (SEDETUR, 2011). A pesar de que el desarrollo del turismo en Mahahual esta por debajo del proyectado por las autoridades del Estado dentro del POET, los ecosistemas costeros en el área si muestran afectaciones debido a diversos

impactos naturales y antropogénicos (Merediz, 2007; Islebe *et al.* 2009, Hiraless-Cota *et al.*, 2010), además no se observa un crecimiento resultado de la planeación u ordenamiento urbano y turístico en la localidad.

### **Condición arrecifal**

En Mahahual se realizó una evaluación rápida de los arrecifes coralinos (Bastida-Zavala *et al.*, 2000) después del impacto del huracán Mich en 1998, mediante el método de cuadrante en parches someros del arrecifes. Como resultado se obtuvo 12% de cobertura de coral vivo y 54% de mortalidad antigua de coral, no se observó cobertura coralina con muerte reciente. Se infirió en ese estudio como probables causas del deterioro a los efectos del turismo sobre el arrecife (aunque no se evaluó directamente este aspecto), que junto con la deforestación del manglar incrementaron la erosión en las playas y afectaron los parches coralinos. En 1999, Ruiz-Zarate *et al.* (2003), realizaron un estudio en las áreas centro y sur de Quintana Roo para evaluar el estado de la condición arrecifal. Se emplearon las técnicas recomendadas para valorar el bentos arrecifal con el protocolo AGRRA (Evaluación Rápida de arrecifes del Atlántico y Golfo de México, siglas en Inglés). Se registraron 24 especies de corales duros representando casi el 60% de las 47 especies que figuran en el centro y sur de Quintana Roo, siendo *Montastraea annularis* la especie de mayor abundancia en el arrecife, específicamente en Mahahual se reportó un 17 % de cobertura viva de coral. Se reportó la mayor mortalidad antigua y blanqueamiento en las colonias de coral de este arrecife, considerando como causa probable los efectos persistentes del blanqueamiento masivo de 1998.

En los años 2002 y 2003, Amigos de Sian Ka'an A. C. realizó una descripción de los sitios Faro viejo, Escalones, Bucaneros, Rosario para snorkel, Paytocal y Río Bermejo, Se identificaron un total de 44 especies de corales duros, siendo la región sur la de mayor diversidad de especies. En la parte sur del arrecife de Mahahual se ha estimado una cobertura de corales duros con valores de 22.13% a 47.31%, mientras que en la parte norte el arrecife presentó valores de 2.28% a 25.20% debido a la escasez de formaciones arrecifales. Por su parte GVI, realizó un monitoreo arrecifal para evaluar el estado del arrecife coralino de la localidad de Mahahual durante cuatro fases en el 2004 y una fase en el 2005. Se

identificaron 47 especies de coral duro en Mahahual y la cobertura de coral duro en las cuatro fases del monitoreo es de 10.99% a 5m de profundidad, 18.66% a 10m de profundidad; para toda el área monitoreada se obtuvo un 17.78% de cobertura coralina. De los estudios descritos con anterioridad es posible identificar que en la laguna arrecifal de Mahahual si hay una disminución en la cobertura de coral vivo, no así en el arrecife frontal donde los valores de cobertura coralinas permanecen constantes.

### **Acciones de manejo**

Con el objetivo de implementar estrategias de regulación y conservación en Mahahual, en abril del 2004, se firma una alianza de colaboración entre Global Vision Internacional (GVI), Amigos de Sian Ka'an A. C. y la Universidad de Quintana Roo (UQROO) junto con el Programa de Manejo Integrado de Recursos Costeros (MIRC). Los trabajos realizados entre estas organizaciones son diversos, entre ellos un Programa de Manejo Integrado de los Recursos Costeros de Quintana Roo donde se reflejan inquietudes de manejo que la comunidad identificó como prioritarias. A la par del trabajo realizado por GVI, durante el 2004, en el Proyecto de Monitoreo Arrecifal también desarrollaron tres proyectos comunitarios junto con el Programa de Manejo Integrado de Recursos Costeros (MIRC) de la Universidad de Quintana Roo. Se inició esta etapa de trabajo comunitario con el Proyecto de Enseñanza del idioma Inglés con el objetivo de proveer cursos dirigidos a miembros de las cooperativas de turismo y de pesca, a alumnos de primaria y secundaria, y a participantes en proyectos ambientales locales. El segundo proyecto fue el Programa de Educación Ambiental para niños en coordinación con Amigos de Sian Ka'an, se abordaron temas como la conservación de los recursos naturales de la comunidad local, se realizaron actividades como limpieza de playas y dibujos infantiles, aunado a la información manejada en el proyecto, ésta fue impartida también en inglés como reforzamiento al trabajo realizado en el Proyecto de Enseñanza de Inglés. Por ultimo, se desarrollaron Proyectos Ambientales Comunitarios, entre las acciones que realizaron destaca la implementación de un centro de acopio de materiales reciclables de Mahahual. En la actualidad la estación que albergaba al MIRC en Mahahual no está en servicio y la presencia de las organizaciones como GVI y Amigos de Sian Ka'an ha disminuido.



## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La localidad de Mahahual es un destino turístico internacional, debido al incremento en el desarrollo que ha presentado en los últimos años, principalmente por el turismo de crucero y el desarrollo de actividades turísticas en el ambiente marino, en específico, las desarrolladas en el arrecife. El problema identificado es que, no se observa un manejo regulado de las actividades turísticas que se ofrecen en las áreas arrecifales de la localidad de Mahahual.

## **OBJETIVO GENERAL**

Proponer recomendaciones de manejo con base al estado y aprovechamiento actual de las áreas arrecifales de los sitios de uso turístico en Mahahual, Quintana Roo.

## **Objetivos Específicos**

Identificar los sitios de uso turístico en áreas arrecifales de Mahahual y las acciones de manejo que lleven a cabo los prestadores de servicios turísticos sobre esas áreas.

Evaluar el estado actual de los arrecifes en los distintos sitios de uso identificados en Mahahual.

Proponer recomendaciones de manejo para los sitios arrecifales de uso turístico en Mahahual.

## JUSTIFICACIÓN

Se ha mencionado que la introducción de un manejo en las áreas que no lo presentan es una meta que es necesario alcanzar para la conservación de los ecosistemas (Jordan, 1993; Sian Ka'an, 2003 y Steer, *et al.* 1997). Debido a esto, se plantea el presente estudio, tras observar la falta de medidas de regulación y limitada organización de los prestadores de servicios turísticos (PST) en la localidad de Mahahual, además de identificarse un deterioro en el estado del arrecife coralino donde desarrollan las actividades turísticas. El proyecto se centra en conocer como trabajan los PST sobre el arrecife coralino y explorar la condición actual de este ecosistema. Por lo que, este estudio no pretende establecer causa-efecto entre la forma de trabajar de los PST y las afectaciones que presenta el arrecife coralino. Ecológicamente, los arrecifes de coral (después de las selvas tropicales) son el segundo hábitat con mayor diversidad de especies en el planeta (Reaka-kudla, 1997), funciona como barrera protectora ante huracanes, realiza una alta fijación de dióxido de carbono, produce arena formadora de playas y dunas costeras, además los arrecifes coralinos forman parte del sistema costero-marino, debido a la conectividad presente entre ecosistemas como los manglares, las dunas costeras y los pastos marinos (Jordán, 1993).

Económica y socialmente para Mahahual se estima contar con más de 120 mil habitantes en los próximos 18 años y una infraestructura de 25 mil cuartos de hotel, según el Plan Estatal de Desarrollo del estado de Quintana Roo 2005-2011. Por otra parte la reactivación de la Terminal Marítima de Mahahual trae consigo un fuerte incremento en el número de turistas, lo que generará un aumento en las actividades turísticas (SEDETUR, 2011). De esta forma, se predice el aumento de inmigrantes hacia esta zona generado por el aumento en el empleo. Sin embargo, los servicios públicos y la infraestructura no se distribuye de forma equitativa, solo la mitad de los habitantes cuentan con todos los servicios públicos básicos (Benítez, 2009), careciendo de saneamiento apropiado, agua potable y electricidad, incluyendo también los servicios como educación y salud. Aunado a esto, se deforestan áreas verdes, entre ellos el manglar, para los asentamientos humanos que no tienen ninguna planeación, con esto se provoca un deterioro en la calidad ambiental y genera una explotación mayor de recursos naturales (McField y Kramer, 2007; Hiraless-Cota, *et al.*, 2010). Otro efecto de la inmigración es la introducción de nuevos usos y prácticas de manejo sobre los recursos

naturales, entre más nueva sea la población de un área costera, menos identidad tienen sobre la conservación y son menos capaces de realizar una inversión de conservación y protección en el futuro, para garantizar los beneficios aportados por los arrecifes coralinos (McField y Kramer, 2007). La permanencia y vitalidad de los recursos naturales presentes es primordial para la comunidad de Mahahual, ya que su desarrollo económico y social está basado en las distintas actividades turísticas que ofrecen. Debido a esto, la implementación de estrategias de manejo es fundamental para la conservación y protección de los recursos naturales y ecosistemas.

## CAPITULO II

### ÁREA DE ESTUDIO

De los mil kilómetros de longitud que tiene el SAM, 350 km le pertenecen al estado de Quintana Roo (Kramer *et al.*, 2000), en esta área se desarrolla el turismo el cual esta orientado en siete grandes destinos: Cancún, Cozumel, Holbox, Isla Mujeres, Puerto Morelos, Riviera Maya y Costa Maya (SEDETUR, 2009).

El destino turístico Costa Maya, comprende una franja costera de 45 km, iniciando en el norte con la localidad de Pulticub y finalizando en el sur con la localidad de Mahahual. Las áreas de influencia son la ciudad de Chetumal, la Bahía de Chetumal que comprende la Zona Sujeta a Conservación Ecológica “Santuario del Manatí”, las ANP de la Reserva de la Biosfera de “Sian Ka’an”, la Reserva de la Biosfera de “Banco Chinchorro”, el Área Natural Marina Protegida (AMP) “Arrecifes de Xcalak” y el Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil (SEDETUR, 2009).

El estudio se centra en la localidad de Mahahual ubicada en la costa sur del estado de Quintana Roo, en las coordenadas 18°9'40.82"N y 87°33'0.15"W (POET, 2006) (figura.1). Mahahual presentó un incremento del doble de su población con un total de 920 habitantes (INEGI, 2010) en comparación con el censo 2005. No obstante, presenta una población flotante como efecto de la migración por la demanda de trabajo en temporadas altas de turismo. Actualmente la localidad de Mahahual cuenta con servicios públicos básicos como luz, agua, teléfono, centros escolares y de salud; sin embargo, sólo la mitad de la población tiene alcance a estos servicios públicos básicos (Benítez, 2009).

En el mes de agosto del 2007 la localidad de Mahahual fue impactada por el huracán Dean, de categoría cinco en la escala Saffir-Simpson, causando daños severos en la infraestructura de la comunidad, por ejemplo el muelle de cruceros fue partido en varios pedazos quedando inservible, las casas del poblado fueron destruidas, solamente algunas construcciones de concreto permanecieron en pie, en algunos casos seriamente dañadas, se observaron grandes cantidades de escombros y embarcaciones esparcidas dentro del manglar, a muchos metros de distancia del poblado (Merediz, 2007).

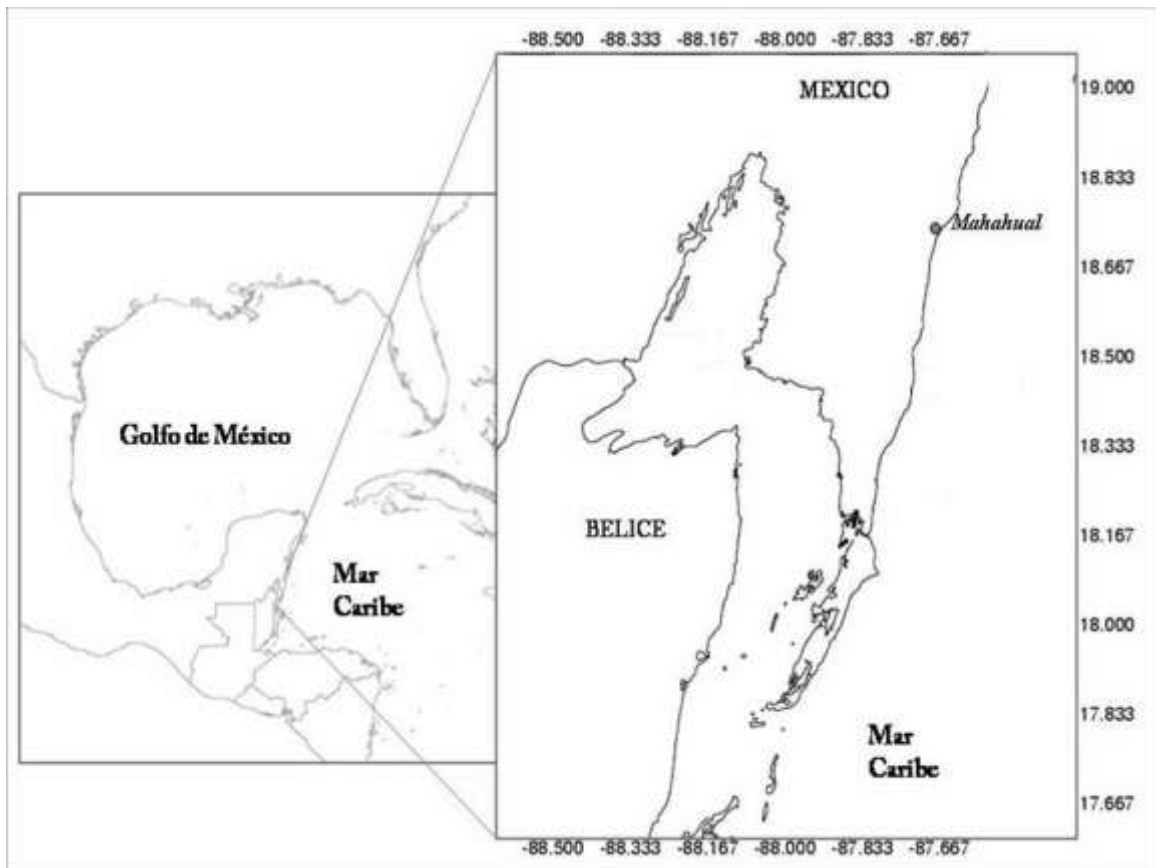


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio. Elaboró: Gabriela Nava Martínez.

La magnitud del impacto en el ecosistema de manglar provocó 100% de defoliación, deshidratación de los árboles y daño estructural por desenraizamiento y desgajamiento (Islebe *et al.* 2009). Sobre la condición del arrecife coralino no se cuenta con datos después del impacto del huracán, hasta los obtenidos por el presente estudio. En el mismo año del impacto comenzó la construcción del Malecón de Mahahual, el cual inicia en el faro al norte del poblado, tiene una longitud de 1700 m por 7 m de ancho y aproximadamente 2 m. de profundidad, separando la zona de playa de la zona hotelera y comercial. Esta construcción refleja la necesidad de crecimiento urbano costero para mejorar el desarrollo socio-económico de la localidad, sin embargo podría tener un efecto negativo para la recuperación natural de los ecosistemas presentes en el área

En la actualidad, la localidad de Mahahual cuenta con una infraestructura hotelera de 37 hoteles con 330 habitaciones registradas en el 2010. Se encuentra en funcionamiento el muelle para cruceros internacional, registrando antes del

huracán (2007) un movimiento de 234 cruceros con 574,119 pasajeros y para el 2010 se registraron 223 cruceros, sin embargo hubo un incremento importante en el número de pasajeros (654 mil) que llegaron a la localidad en el 2010 (SEDETUR, 2011).

## **METODOLOGÍA**

La metodología del presente proyecto se caracterizó por tener un enfoque mixto, es decir, la recolección de datos se realizó de forma cualitativa y cuantitativa.

### **Diseño de muestreo**

#### Entrevistas

Para identificar los sitios de uso turístico en áreas arrecifales de Mahahual y las acciones de manejo que lleven a cabo los PST sobre esas áreas, se aplicó una entrevista, como método de captación de datos, mediante la elaboración de un cuestionario, permitiendo también las respuestas libres. A la combinación del cuestionario y la entrevista se le denomina Entrevista no Estandarizada, la cual se emplea como un instrumento de exploración, para identificar variables y relaciones que sirvieron como guía en la fase de la elaboración de las recomendaciones de manejo (Kerlinger, 1984 y Hernández, 2003).

#### Muestreos en los sitios de uso turísticos arrecifales.

Para realizar la evaluación del estado de los arrecifes en los distintos sitios de uso turístico en Mahahual, se muestreo una longitud aproximada de 10 Km de arrecife, en donde se incluyeron los sitios mencionados por los PST. Se utilizó un diseño de muestreo jerárquico, es decir, un diseño que hace uso de repeticiones de unidades de muestreo en al menos dos niveles de una jerarquía (Underwood, 1997), en este caso espacial. El diseño de muestreo consta de tres jerarquías espaciales, la primera jerarquía clasifica los 10 km de arrecife en dos zonas, norte y sur; cada zona es subdividida en dos hábitats, laguna arrecifal a 0.6 y 2 m de profundidad y frente arrecifal a 10 m de profundidad aproximadamente; y en cada hábitat son seleccionados tres sitios; a este nivel de la jerarquía la selección de un sitio fue aleatorio y a partir de este punto los dos sitios restantes fueron seleccionados a distancias fijas de 1 km. A la escala espacial de sitio se

muestrearon cinco transectos de 10 metros de longitud que representan el nivel de repeticiones de las unidades de muestreo. De este modo, el diseño jerárquico nos permitirá explorar diferencias y variación de los componentes arrecifales muestreados a escalas de: 1 km, hábitat arrecifal y zonas geográfica en 10 km de arrecife, esto es, entre sitios, dentro de hábitats y dentro de zonas (figura. 2).

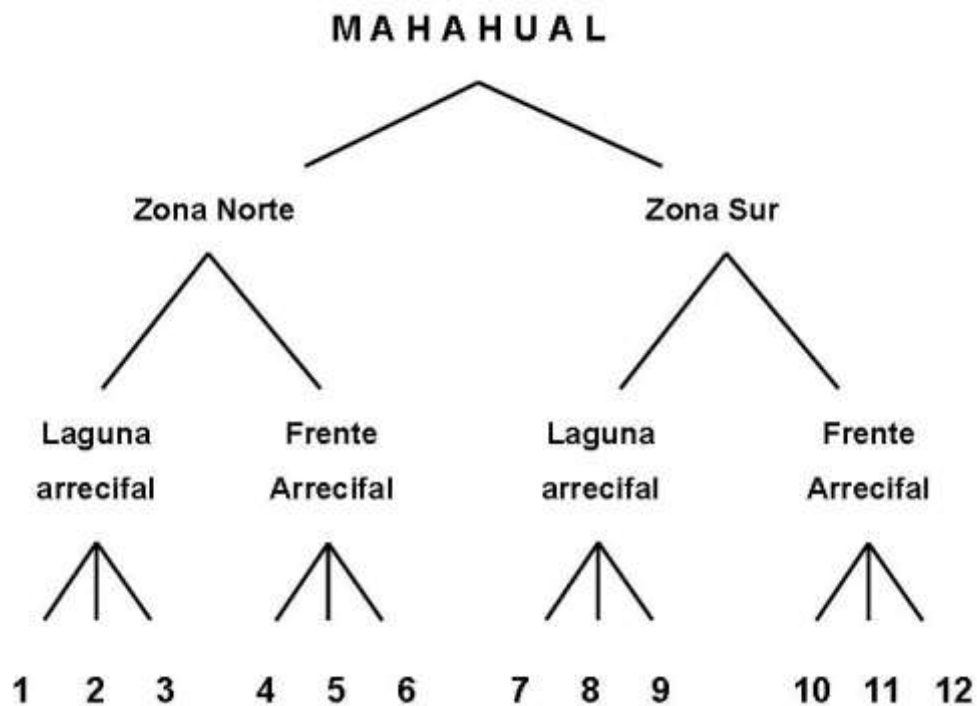


Figura. 2 Diseño de muestreo aleatorio jerárquico en el arrecife coralino de Mahahual.

En cada transecto se evaluaron los componentes seleccionados de estructura y función de la comunidad, además se colocaron cinco cuadrantes de 0.25 x 0.25m separados por dos metros entre si, en las distancias 1, 3, 5, 7 y 9 m a lo largo del transecto, para la evaluación de la cobertura algal (Gulko *et al.* 2007). Los transectos quedaron orientados de forma perpendicular a la costa consistente a la formación del sistema de macizos de coral y canales de arena (Jordan, 1993 y Bastida-Zavala *et al.*, 2000).

La evaluación de la condición arrecifal se basa en elementos fundamentales de la estructura y función del ecosistema. Para obtener información relacionada a la

estructura es necesario medir la cobertura béntica definida principalmente por la cobertura coralina y algal; específicamente por las especies de coral del orden Scleractinea, las cuales contribuyen a darle forma, constitución, y complejidad al arrecife coralino (Jordan, 1993 y Gulko *et al.* 2007). La función del ecosistema esta medida a partir de la condición de los indicadores de mortalidad, blanqueamiento y enfermedades de la cobertura coralina. En este estudio se evaluaron la estructura y función del ecosistema con base a los siguientes componentes:

- Estructura del ecosistema

-Diversidad y estructura de la comunidad, relacionado con la identificación de especies de coral, la cobertura de corales duros (escleractíneos e hidrocorales), y tres grupos de componentes vivos: esponjas, tunicados y zoantidos.

-Cobertura algal, evaluada con la cobertura de algas, en relación con la altura e índice algal, tomando en cuenta cinco grupos funcionales: Macroalgas carnosas, algas de tapete, macroalgas calcáreas ramificadas, algas coralinas costrosas y algas costrosas no coralinas.

- Función del ecosistema

-Condición de la comunidad coralina evaluada en términos de la mortalidad coralina, enfermedad de corales y blanqueamiento de coral.

### **Trabajo en campo**

*Entrevista:* En Mahahual están establecidas seis operadoras de servicios turísticos (OPB, 2009). Se aplicó la entrevista a un PST por cada operadora turística. El objetivo de la investigación rige a las preguntas; el contenido, orden y formulación se encuentran por entero en manos del entrevistador. Los datos de la entrevista se obtienen a partir de los siguientes tipos de información (Kerlinger, 1984 y Hernández, 2003): Datos generales (datos demográficos), datos censales (no se incluyeron datos de este tipo en la entrevista) y datos concernientes al problema (actividades y lugares, medidas de manejo/control de los prestadores de servicios turísticos, medidas de regulaciones institucionales e impactos sobre los arrecifes de coral). La entrevista completa puede consultarse en el apéndice 1.



*Evaluación del ecosistema arrecifal:* Se uso buceo autónomo (SCUBA) en el frente arrecifal y esnorquel en la laguna arrecifal. Se identificó cada sitio arrecifal mediante un sistema de geoposicionamiento satelital (GPS). En total se muestrearon 12 sitios arrecifales, y para cada sitio se evaluaron los dos indicadores clave mencionados.

- Diversidad y estructura de la comunidad. Se utilizó el método Línea de Intersección (LIT) que fue desarrollado para ecología de plantas terrestres y posteriormente fue adoptada por ecólogos de arrecifes coralinos para evaluar la comunidad bentónica (English *et al.*, 1997). El procedimiento combina un sistema de clasificación basado en atributos estructurales de formas de vida (grupos de vida, corales duros, corales blandos, zoantidos, esponjas y macroalgas) hasta datos a nivel de especie (English *et al.*, 1997). El LIT es usado para estimar la cobertura de un objeto o grupos de objetos dentro de un área específica mediante el cálculo de la fracción de la longitud de la línea que es interceptada por el objeto; esta medida de cobertura usualmente se expresa en porcentaje y ha sido usada para objetivos que van desde problemas de grandes escalas espaciales, comparación morfológica de comunidades, hasta estudios de evaluación de impactos naturales y disturbios antropogénicos (English *et al.*, 1997). Este método de muestreo es confiable y eficiente para la obtención de datos cuantitativos de cobertura; permite la recolección de información útil por personas con experiencia limitada en la identificación de la comunidad bentónica de los arrecifes coralinos (English *et al.*, 1997), los cuales fueron identificados a nivel de especie de acuerdo con Humman (1993), para evaluar la riqueza y diversidad del área. En cada sitio se midió con una cinta métrica la cobertura lineal de todo lo que se encontró debajo del transecto.

- Cobertura algal. Fue identificada a nivel de grupos por su forma de crecimiento y su cobertura fue estimada por el método de cuadrante. Este método fue diseñado para monitorear cambios en la comunidad macrobentónica y es sugerido como adecuado para la evaluación de la cobertura algal. En cada cuadrante se estimó el porcentaje de cobertura por grupo algal y se midió la altura en el caso de las macroalgas carnosas, macroalgas calcáreas ramificadas y tapetes algales (AGRRA, 2005).

- Función del ecosistema. En cada colonia de coral encontrada bajo el transecto se estimaron los porcentajes de mortalidad antigua, enfermedades y blanqueamiento en cada colonia.

### **Análisis de datos**

*Análisis de las entrevistas.* Los datos de las entrevistas se analizaron mediante el enfoque de la Teoría Fundamentada (Strauss, 1987), esta se basa en el análisis de datos tomados mediante un muestreo teórico (los entrevistados) bajo una comparación constante de las respuestas, mediante procesos de codificación y categorización para garantizar el desarrollo conceptual. Una vez realizadas las entrevistas, en el análisis se seleccionan casos por sus semejanzas y diferencias. Las semejanzas permiten la identificación de categorías, la representación de sus atributos y la especificación de sus condiciones de aparición. Las diferencias entre los casos elegidos hacen posible la elaboración de los atributos de las categorías, la determinación de sus subvariantes y la delimitación de su alcance; esto es posible representarlo en un esquema de integración.

*Evaluación de la condición de los sitios arrecifales muestreados.* Los datos colectados en el arrecife se analizaron con métodos de estadística descriptiva, como promedios, para realizar el estudio descriptivo sobre un subconjunto de la población llamado muestra. Los sitios fueron evaluados en términos de los indicadores resaltando la condición del sitio de acuerdo al tipo de uso.

*Elaboración de las recomendaciones de manejo.* La elaboración de las recomendaciones están basadas en la integración de los tres aspectos fundamentales de este proyecto, identificación de las actividades turísticas desarrolladas en los sitios arrecifales, el estado de los sitios de uso turísticos arrecifales y el manejo del área arrecifal que llevan a cabo los prestadores de servicios. Se diseñaron recomendaciones que sean posibles de llevar a cabo, de tal forma que se adecuen a las condiciones sociales y culturales de la localidad de Mahahual, incluyendo a las autoridades locales, dependencias gubernamentales involucradas en los temas y a los prestadores de servicios turísticos.

## CAPITULO III

### RESULTADOS

#### ENTREVISTAS

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la entrevista realizada a los PST en Mahahual, Quintana Roo en julio del 2010. Se identificaron un total de 6 negocios establecidos dedicados a ofrecer servicios turísticos en áreas arrecifales en la localidad de Mahahual. Se entrevistó a una persona por negocio aplicándose un total de 6 cuestionarios. Los cuestionarios se componen de cinco secciones.

#### Datos demográficos

Los entrevistados son de origen mexicano: Dos del Distrito Federal, uno de Guerrero y uno de Quintana Roo; dos son extranjeros Suiza y E.U.

#### Sitios de visita y actividades.

Todos los PST realizan actividades de buceo y snorkel. Sólo dos de los entrevistados mencionaron realizar la pesca deportiva, paseos en lancha y el club de playa (por ejemplo camastros, toallas). Dos de los prestadores ofrecen como una opción más, los cursos de buceo. Se identificaron 17 sitios donde realizan las actividades, los nombres locales son: Faro viejo, Escalones, Lllamaradas, Punta Tam, Piratas, La Boya, El Chino, Maya Palms, Puerto Ángel, Dos Ojos, Cíclope, Caracoles, Cabañas, Flamingos, Jardines, Balam Ku, 40 Cañones; también mencionaron que pueden trabajar en toda el área arrecifal de Mahahual, incluso dicen desplazarse hasta Xahuayxol y Banco Chinchorro. El sitio visitado con mayor frecuencia es Escalones, cuatro de los 6 entrevistados dicen visitar el sitio. En la tabla 1 se enlistan los 10 sitios más visitados, ordenados de mayor a menor frecuencia y el nivel de experiencia de los turistas.

Se mencionan como factores de elección para ir o no, a un sitio en particular, la distancia, el paisaje, la profundidad, el costo y la experiencia del turista. Se identifican tres grupos:

- 1) Dos informantes de servicios que no contesta.
- 2) Dos informantes de servicio que escogen solamente el paisaje como única opción.
- 3) Dos informantes de servicio que eligen desde una de las opciones hasta todas las opciones, siendo para ellos la experiencia, el principal motivo tomado en cuenta para ir al sitio.

Tabla 1. Sitios para actividades turísticas en el área arrecifal de Mahahual

Nombre local del sitio	Nivel de experiencia en el buceo
Escalones	Con certificado de buceo, para dive master
Puerto Ángel	Con certificado y experiencia
Faro Viejo	Con certificado de buceo
40 Cañones	Con certificado de buceo
Dos ojos	Con certificado de buceo
Jardines	Con certificado de buceo
Caracoles	Turistas sin certificación
Punta Tam	Con certificado y experiencia
La Boya	Con certificado y experiencia
Maya Palms	Con certificado y experiencia

El principal factor de elección para ir a los sitios arrecifales es el paisaje y el segundo factor es la experiencia del turista. No se identifica ningún tipo de acuerdo o regla entre los informantes para visitar un sitio en particular según sus características; de manera normativa el límite para acceder al arrecife está establecido por la extensión de las áreas naturales protegidas que colindan con el área de Mahahual. Por ejemplo, hay informantes que mencionan poder realizar viajes a la Reserva de la Biósfera de Banco Chinchorro al estar asociados a la Cooperativa Paraíso del Caribe, de esta forma les es permitido acceder con turistas, pero no se menciona que puedan realizar actividades de snorkel y buceo en otras ANP como Xcalak.

Destaca que sí establecen sitios para llevar turistas con y sin experiencia de buceo. No mencionan tener un límite en el número de turistas que llevan al día, ni tener un acuerdo sobre este punto.

#### Medidas de manejo/control de los prestadores de servicios

Los servicios turísticos que se ofrecen requieren para todos los informantes de un guía y un capitán para la embarcación, manejan grupos de 4 a 6 turistas dirigidos por un guía. Las normas establecidas para el buceo profesional son establecidas por distintas organizaciones internacionales dedicadas a la certificación para el buceo, una de ellas es Professional Association of Diving Instructors (PADI); los informantes mencionaron cumplir con las normas establecidas. En la tabla 2 se identifica el número de guías que realizan algunas medidas de manejo.

Tabla 2. Funciones del guía de turistas en arrecifes de coral

No. de guías	Funciones del guía
5 de 6 guías	Proporcionan información sobre la importancia de los arrecifes, sobre lo que van a ver, sobre lo que pueden y no pueden hacer.
2 de 6 guías	Dividen y organizan al grupo que va en la lancha.
4 guías 1 guía 1 guía	Llevan a sitios diferentes dependiendo de su experiencia. Lleva al mismo sitio a todos. No contesto.
5 de 6 guías	Tiene la autoridad para suspender el paseo si un visitante daña el arrecife.
1 guía	No contesto.

Se motivó a que dieran alguna opción extra en cuanto a las funciones que desarrollan y se identificaron tres grupos:

- 1) No da ninguna opción extra.
- 2) Uno menciona realizar su actividad tratando de no dañar al arrecife.
- 3) Cuatro de los informantes coincidieron en indicar las reglas de seguridad del buceo ya establecidas internacionalmente, indicar las condiciones climáticas, mostrar las probables especies a observar y explicar específicamente que no se puede tocar el arrecife ni extraer ningún organismo ya sea vivo o muerto.

En general, los informantes mencionan contar con el equipo requerido por Capitanía de puerto para cumplir con las normas de seguridad de una embarcación. En particular, para los guías de buceo no se expide ningún tipo de certificación por la SEDETUR para ofrecer este servicio, en consulta directa con el personal de la dependencia se nos indicó que próximamente se establecerá este trámite. Se deduce que cualquier persona con una certificación de buceo puede trabajar sin ningún tipo de normatividad.

#### Medidas de regulación institucional

Se identifican tres grupos en cuanto al conocimiento de la existencia de regulaciones por parte de la comunidad o de las autoridades en los sitios de visita:

- 1) Un prestador de servicio que dice no saber si hay regulaciones.
- 2) Dos prestadores de servicios mencionan que no hay regulaciones.
- 3) Tres prestadores de servicios que dicen si hay regulaciones.

Las respuestas varían desde él que simplemente dice “sí”, él que describe que las regulaciones son sobre el capitán de la lancha y su embarcación, pero no se mencionó regulación en los sitios arrecifales de visita y finalmente, destaca un informante que lo maneja como “autorregulación”, menciona que la regulación puede estar basada en un “código de ética como empresa”.

Tres grupos se identifican en cuanto al conocimiento de cuales son las regulaciones en los sitios arrecifales de visita.

- 1) Cuatro informantes no contestan.
- 2) Un informante afirma no haber regulaciones por parte de las autoridades.
- 3) Dos informantes demuestran cierto conocimiento en la naturaleza de las regulaciones.

Los informantes mencionan como autoridades responsables de la aplicación de las regulaciones a Capitanía de Puerto y al Ayuntamiento (de éste último se comenta que tiene “poca presencia en el agua”). En general las regulaciones están dirigidas a las embarcaciones y los capitanes, se especifica en las respuestas no haber regulación ni vigilancia sobre los sitios arrecifales de visita.

Sobre el conocimiento de quién tiene a su cargo la vigilancia de las regulaciones se identifican tres grupos:

- 1) Tres informantes no responden.
- 2) Dos informantes no saben.
- 3) Un informante menciona a la Marina (Secretaria de Marina) como vigilante del capitán de la embarcación, no de los sitios arrecifales.

Es importante destacar que no hacen mención de ninguna autoridad como SEMARNAT o PROFEPA que tenga presencia en este proceso de regulación. En entrevista realizada al capitán de puerto de Mahahual mencionó que se intensifica la vigilancia por parte de la Secretaria de Marina en periodos vacacionales, tanto en el mar como en las playas, no aclaran que aspectos son los que vigilan.

#### Impactos sobre el arrecife

Se identifican dos grupos de opinión por el deterioro o cambio que han sufrido los sitios arrecifales que visitan los prestadores de servicios:

- 1) Dos prestadores de servicios que no han observado cambios, este desconocimiento se debe al poco tiempo de residencia o por falta de interés.
- 2) Cuatro prestadores de servicio dicen que si ha habido cambios, todos atribuidos al hombre.

Los cuatro impactos, señalados por los entrevistados como de origen natural se abordan en la tabla 3, sin embargo se observa un desconocimiento respecto a la actividad de pesca, pues un guía lo mencionó como un impacto natural, lo cual es incorrecto. Sólo un prestador menciona que no hay daños en el arrecife.

Tabla 3. Tipos de impactos naturales

No. de guías	Impactos naturales
5	El Pez León
4	Los huracanes
2	El Blanqueamiento
1	La pesca

Fue posible identificar acciones de mitigación para al fenómeno del Pez León y un cumplimiento a las reglas de operación en cuanto a la captura de éste pez. Mencionaron aún no ver el avance de la destrucción del Pez León. Para el resto de los impactos no hay ninguna acción de prevención y mitigación que detenga o corrija el deterioro.

Se identificaron cinco impactos de origen antropogénico, 1) construcciones en la costa como el muelle de cruceros, que generó un cambio en el comportamiento de las especies, 2) saqueo de especies por artes de pesca dañinos y turistas que extraen organismos, 3) uso de anclas sobre el arrecife, 4) falta de información sobre conductas adecuadas en el arrecife, 5) contaminación por basura. Sobre esta última, se identifican acciones de mitigación cuando un informante menciona que “se recoge la basura hasta donde se puede”. No se realizan acciones de prevención, mitigación o restauración para el resto de los impactos; sin embargo, sugieren algunas soluciones como no dar permisos de pesca o que los permisos sea para pescar más lejos y que la vigilancia exista.

Dos grupos se identifican en cuanto a la forma de organizarse para actuar en la protección del arrecife coralino.

- 1) Dos prestadores de servicio mencionan que no hay ninguna forma de organizarse.
- 2) Cuatro prestadores de servicio mencionan que si hay organización.

La organización que manifiestan los informantes se encuentra en un nivel de “comunicación” la cual se da bajo un suceso en particular (puede ser ante la afectación de un disturbio), sin que se lleve a cabo periódicamente.

Para identificar distintos tipos de actores, según las similitudes y diferencias en las respuestas, se elaboró un esquema de integración, (tabla 4). En el cual se identificaron dos tipos de actores: El indiferente y el conservacionista, de este ultimo se hace una subclasificación, la componen los conservacionistas sin conocimiento y con conocimiento, los actores se encuentran agrupados según los módulos de medidas de manejo/control de los prestadores de servicios, medidas de regulación institucional e impactos sobre el arrecife.



**Tabla 4. Esquema de integración**

ACTORES	MÓDULOS		
	Medidas de manejo / control de los prestadores de servicios	Medidas de regulación institucional	Impactos sobre el arrecife
<p><b>Indiferente</b> Practica la actividad de manera indiferente</p>	Realiza solamente lo básico para llevar a cabo la actividad, si toma en cuenta la experiencia de los buzos.	Desconoce la existencia de regulaciones por parte de las autoridades.	Es incapaz de identificar ningún tipo de impacto, ni natural ni antropogénico. Organización a nivel de comunicación (bajo un suceso)
<p><b>Conservacionista</b> Toma en cuenta al ecosistema arrecifal para realizar su actividad</p>			
<p><i>Sin conocimiento</i> El arrecife de coral es un elemento más de su actividad</p>	<p>Realiza lo básico para el buceo, e indica lo que pueden o no hacer los buzos.</p> <p>Lleva a todos los buzos a los mismos lugares sin importar su experiencia.</p> <p>Cuidan el arrecife.</p>	Sabe que existen regulaciones, pero las refiere a los demás prestadores como los que no las acatan.	Identifica impactos naturales y antropogénicos; pero no hay propuestas para disminuir el deterioro del arrecife. Identifica que causa los problemas y la responsabilidad que tienen los demás. No hay responsabilidad propia de sus actos. Organización a nivel de comunicación (bajo un suceso).
<p><i>Con conocimiento</i> El arrecife de coral es la base de su actividad</p>	<p>Realiza lo básico para el buceo, e indica lo que pueden o no hacer los buzos.</p> <p>Lleva a los buzos a los lugares que les corresponde por su experiencia.</p> <p>Cuidan al arrecife.</p>	Conoce las regulaciones, pero además práctica un “código ético” en su negocio (auto-regulación)	Identifica impactos naturales, sociales y antropogénicos. Es capaz de identificar la conectividad entre los distintos ecosistemas costero y marino. Propone medidas de mitigación y conservación. Organización a nivel de comunicación (bajo un suceso)

## EVALUACIÓN ARRECIFAL

En cada hábitat se establecieron seis sitios (tabla 5), la laguna arrecifal presentó una profundidad que varía entre 0.6 m y 2 m mientras que, el frente arrecifal presentó a una profundidad que varía entre 8.2 y 11.1 m. En cada sitio se colocaron 5 transectos de 10 m de longitud cada uno. En total para el área muestreada se hicieron 60 transectos con una longitud total de 600 m. De los doce sitios muestreados para la evaluación arrecifal, cuatro coinciden con los mencionados en la entrevista realizada a los prestadores de servicios turísticos, estos son: MHNF1 (Dolphin Bay), MHNF3 (Llamaradas), MHSF1 (Río Bermejo) y MHSF2 (40 Cañones) (figura 3).

Tabla 5. Características de los sitios de muestreo en el arrecife coralino de Mahahual

ARRECIFE	ZONA	HÁBITAT	CLAVE	PROFUNDIDAD	TEMP °C	LATITUD / LONGITUD
Mahahual	Norte	Frontal	MHNF1	10.8	29	18°43'22.19"N/ 87°41'50.28"O
Mahahual	Norte	Frontal	MHNF2	8.2	29	18°42'57.67"N/ 87°42'7.24"O
Mahahual	Norte	Frontal	MHNF3	9.4	29	18°42'24.70"N/ 87°42'20.74"O
Mahahual	Norte	Laguna	MHNL1	0.6	29	18°43'22.62"N/ 87°42'4.39"O
Mahahual	Norte	Laguna	MHNL2	0.8	29	18°42'54.83"N/ 87°42'16.24"O
Mahahual	Norte	Laguna	MHNL3	1.5	29	18°42'16.96"N/ 87°42'37.15"O
Mahahual	Sur	Frontal	MHSF1	9.3	29	18°40'51.31"N/ 87°42'45.32"O
Mahahual	Sur	Frontal	MHSF2	11.1	29	18°39'34.16"N/ 87°42'59.51"O
Mahahual	Sur	Frontal	MHSF3	10.3	29	18°38'3.62"N/ 87°43'11.75"O
Mahahual	Sur	Laguna	MHSL1	1.6	29	18°40'51.24"N/ 87°43'4.08"O
Mahahual	Sur	Laguna	MHSL2	1	29	18°39'33.98"N/ 87°43'19.06"O
Mahahual	Sur	Laguna	MHSL3	2	29	18°38'2.51"N/ 87°43'32.27"O

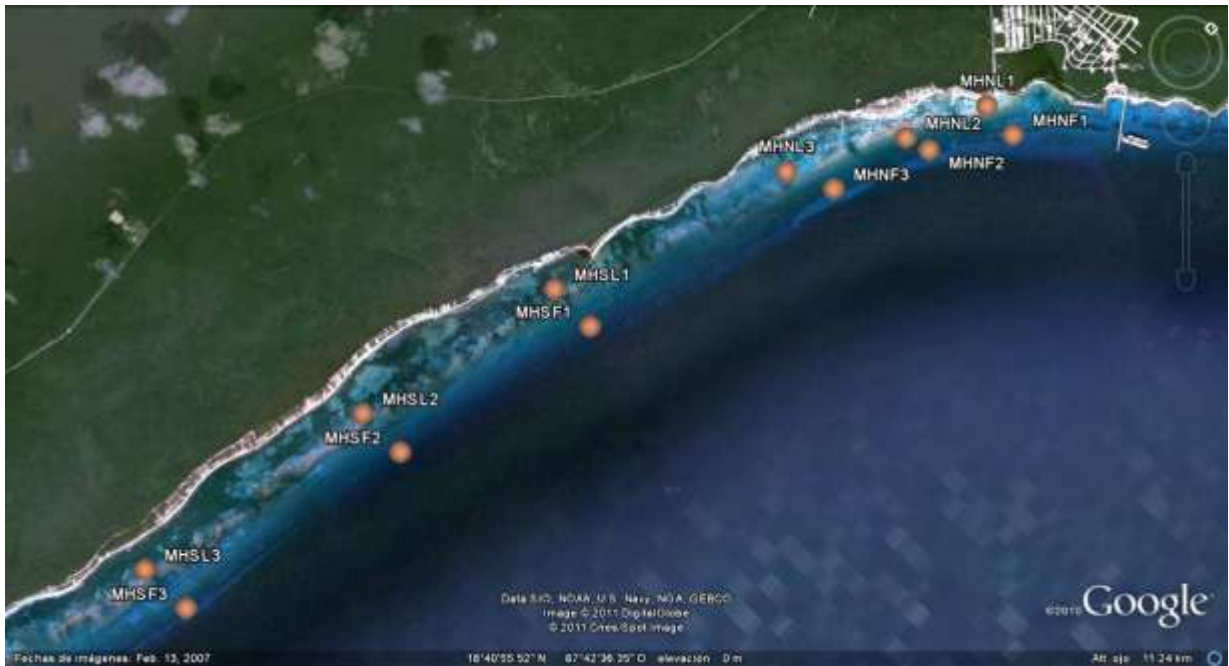


Figura 3. Ubicación de los sitios de muestreo arrecifal en Mahahual.

## 1. Estructura del ecosistema

### Diversidad

En el área muestreada se identificaron 21 géneros de los grupos: Corales duros, corales blandos, esponjas, tunicados-zoantidos e hidrocoral. Presenta mayor dominancia el grupo de corales duros con 448 colonias, entre éstos, los géneros con mayor abundancia son *Agaricia*, *Montastraea*, *Porites*, y *Siderastrea*, le sigue el grupo de corales blandos con 49 colonias, el grupo de esponjas con 14 colonias del género *Cliona* y el grupo de tunicados, zoantidos e hidrocoral con 11 colonias del género *Millepora* en su mayoría. En la tabla 6 se enlista el total de géneros de los grupos vivos identificados. Un total de 24 especies de corales duros fueron identificadas en los dos hábitats muestreados. Se identificaron las especies *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis*, que destacan por su importancia ecológica al estar sujetas a protección especial en la NOM-SEMARNAT-59-2001. Para *A. palmata* se registró una colonia con una cobertura de 43 cm y para *A. cervicornis* una colonia con cobertura de 2 cm. En la tabla 7, se enlistan las especies con mayor abundancia y en el apéndice 2 se enlistan todos los géneros y las especies identificadas del área muestreada.

Tabla 6. Listado de los géneros presentes de los componentes vivos en los 12 sitios de muestreo.

Género	No. de colonias
<i>Acropora</i>	2
<i>Agaricia</i>	147
<i>Cliona</i>	12
<i>Colpophyllia</i>	1
<i>Dendrogyra</i>	8
<i>Dichocoenia</i>	4
<i>Diploria</i>	27
<i>Erythropodium</i>	2
<i>Eusmilia</i>	1
Gorgonaceos	49
<i>Helioseris</i>	4
<i>Isophyllastrea</i>	1
<i>Meandrina</i>	4
<i>Millepora</i>	5
<i>Montastraea</i>	90
<i>Mycetophyllia</i>	1
<i>Porites</i>	85
<i>Siderastrea</i>	61
<i>Stephanocoenia</i>	10
Zoantidos	1

Tabla 7. Listado de especies con mayor abundancia identificadas en los 12 sitios de muestreo.

Especies	No. de colonias
<i>Agaricia agaricites</i>	110
<i>Porites astreoides</i>	68
<i>Siderastrea Siderea</i>	60
<i>Montastraea annularis</i>	42

- Estructura de la comunidad

#### Cobertura coralina

El porcentaje promedio de cobertura coralina en el arrecife de Mahahual fue de 8.5% (D. E.  $\pm$  4.1), en la laguna arrecifal fue de 6.42% (D. E.  $\pm$  3.36) y en el frente arrecifal de 10.57% (D. E.  $\pm$  3.28). La laguna arrecifal en la zona norte presentó los valores más bajos de cobertura coralina comparada con el resto del arrecife. En el arrecife frontal de la zona norte se encuentran extremos significativos en los porcentajes promedio de cobertura para el hábitat, los sitios son: MHNF3 con 14.46 % (D. E.  $\pm$ 6.41) y MHNF2 con 4.82% (D. E.  $\pm$  4.91). En las figuras 4 y 5 se observan los porcentajes promedios registrados de cobertura coralina por sitio. Los valores obtenidos en cada sitio se muestran en el Apéndice 3.

#### Cobertura de grupos vivos

La zona sur de la laguna arrecifal presentó mayor cobertura de los componentes vivos en comparación con la zona norte. El sitio MHL2 registró menos de 2% de cobertura de los componentes vivos (figura 6). En el frente arrecifal todos los sitios presentaron los cuatro grupos vivos siendo la zona sur la que mayores valores de cobertura presentó. Es mayor la cobertura de corales duros sobre la cobertura de los corales blandos, esponjas y tunicados, zoantidos e hidrocorales (figura 7).

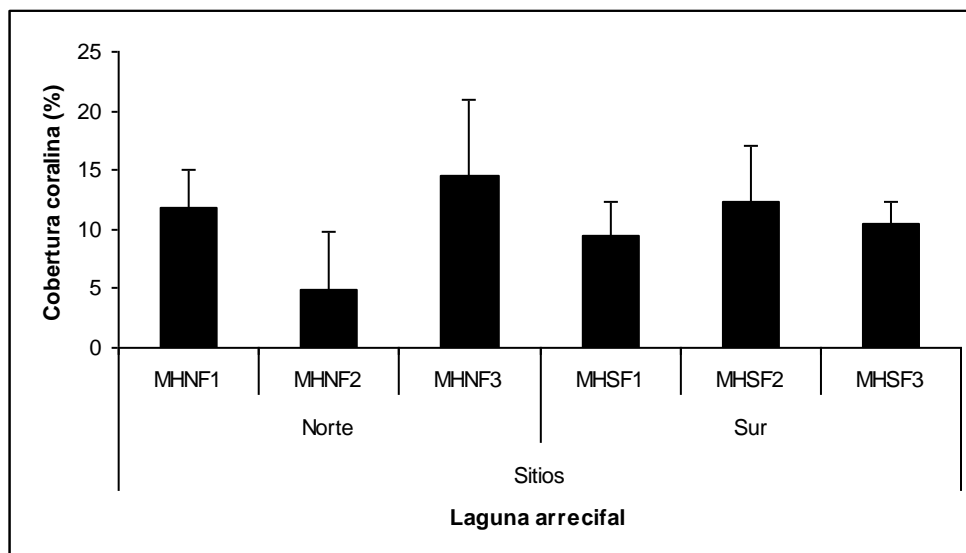


Figura 4. Porcentaje de cobertura coralina por sitio en la laguna arrecifal de Mahahual.

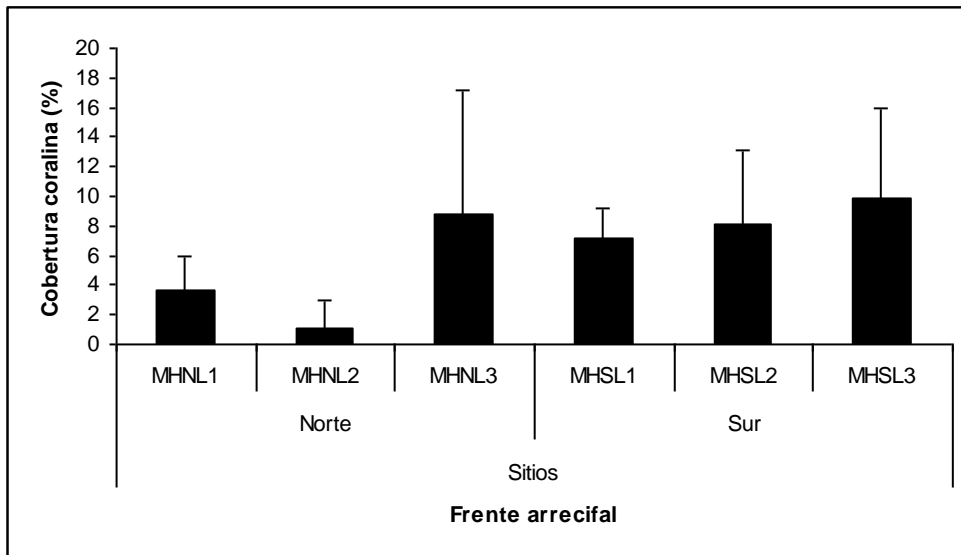


Figura 5. Porcentaje de cobertura coralina por sitio en el frente arrecifal de Mahahual.

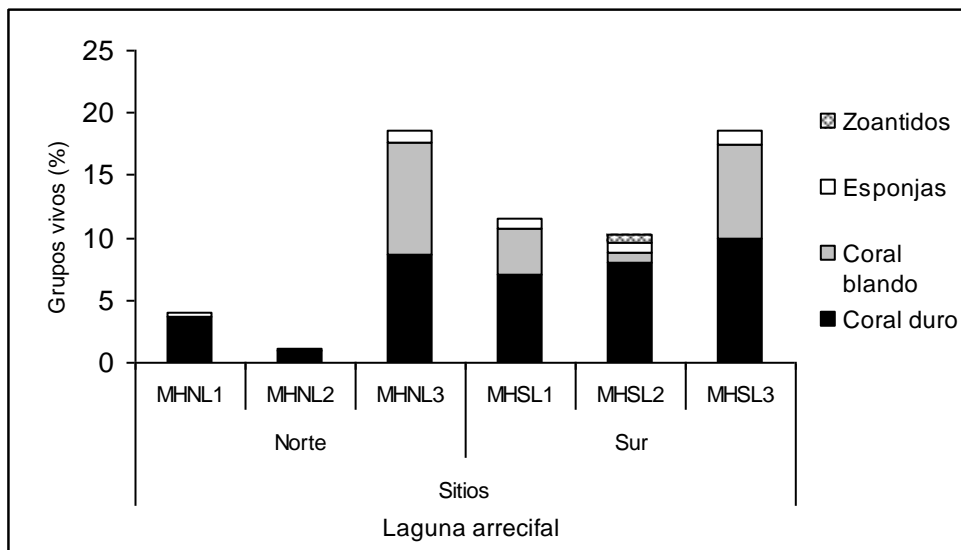


Figura 6. Porcentaje de cobertura de grupos vivos por sitio en la laguna arrecifal de Mahahual.

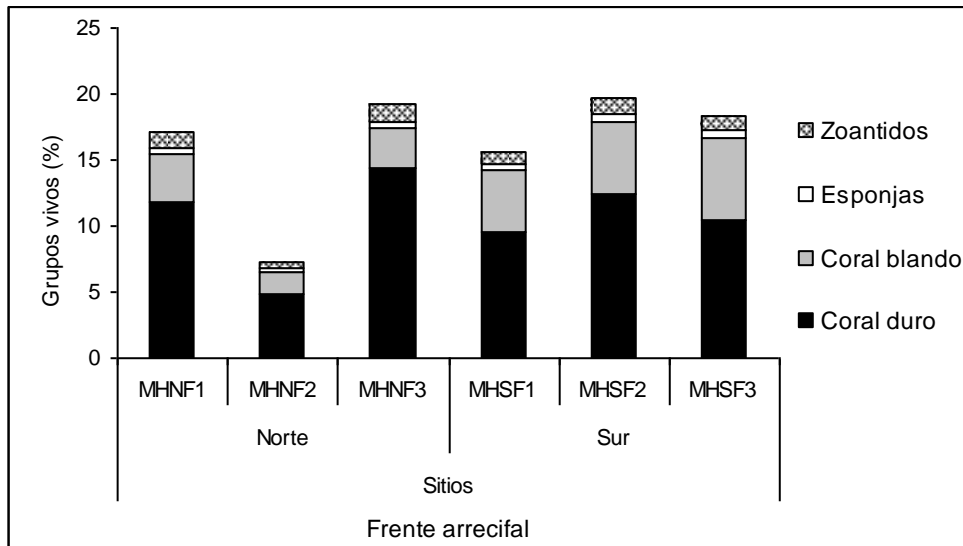


Figura 7. Porcentaje de cobertura de grupos vivos por sitio en el frente arrecifa de Mahahual.

#### Cobertura de algas

La cobertura algal de los cinco grupos, en el área muestreada, fue mayor a la cobertura coralina. El grupo de algas de tapete presentó mayor porcentaje de cobertura en toda el área, sin embargo es en el hábitat de la laguna arrecifal donde tienen mayor porcentaje de cobertura. El segundo grupo con valores altos de cobertura son las algas coralinas costrosas (figuras 8 y 9). No se observa un patrón definido que permita indicar mayor o menor desarrollo algal por zonas.

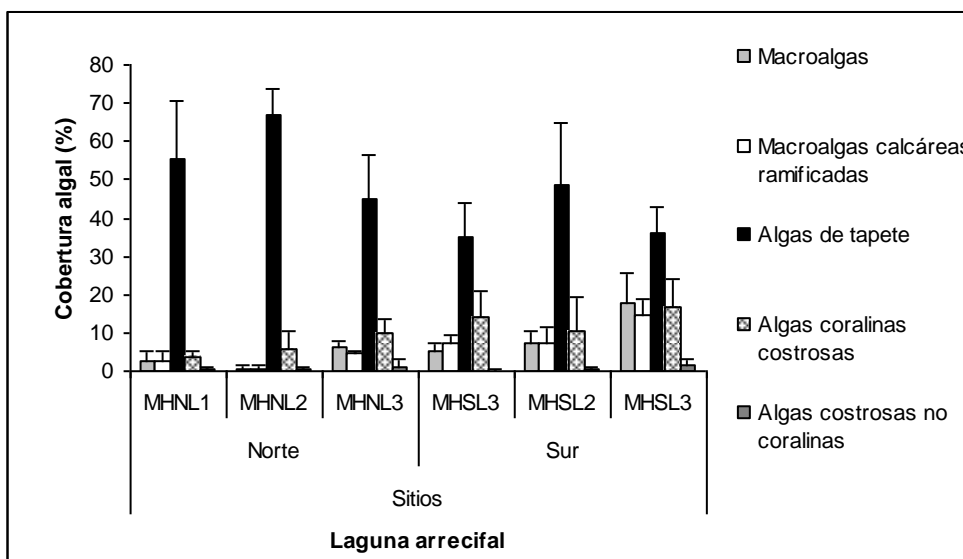


Figura 8. Porcentaje de cobertura de los cinco grupos de algas identificados en la laguna arrecifal de Mahahual.

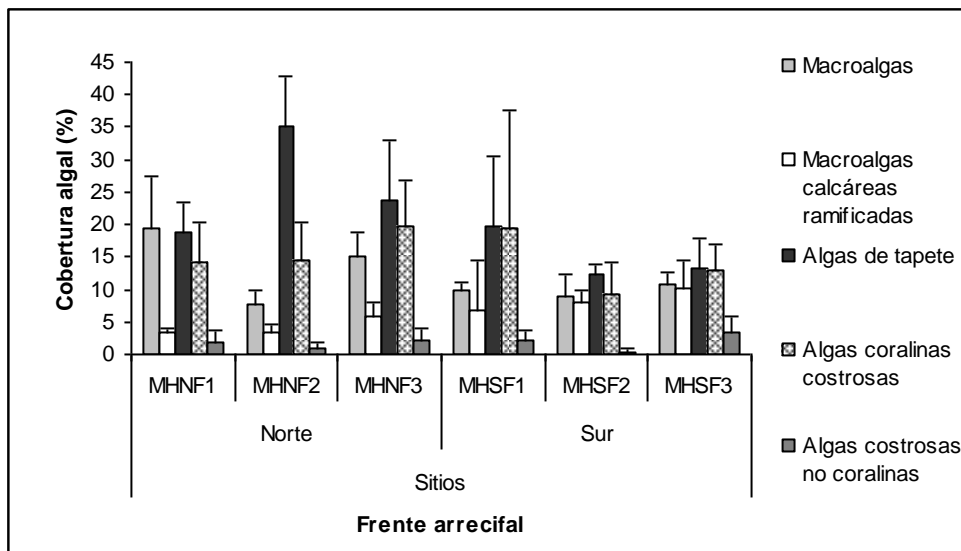


Figura 9. Porcentaje de cobertura de los cinco grupos de algas identificados en el frente arrecifal de Mahahual.

#### Índice algal

Los tres grupos de algas presentaron mayor índice algal en la zona sur, tanto en la laguna arrecifal como en el frente arrecifal. En la laguna arrecifal las algas de tapete fueron dominantes en ambas zonas respecto a los otros dos grupos. Se observó un incremento en el índice algal de norte a sur de las macroalgas carnosas y macroalgas calcáreas ramificadas, siendo mayor el de las últimas (figura 10). En el frente arrecifal el grupo de macroalgas calcáreas ramificadas presentó mayor dominancia seguido de las algas de tapete, observándose un incremento en el índice de norte a sur (figura 11). Se exploró la asociación entre el índice algal de las algas de tapete y las macroalgas carnosas con la cobertura coralina para identificar si existe relación entre estas variables, cuál es el tipo de relación y si esta es consistente entre la laguna arrecifal y el frente arrecifal. La cobertura coralina y el índice algal de algas de tapete tienen una asociación lineal negativa; esto es, la cobertura coralina aumento con la disminución del valor del índice algal y esta tendencia es consistente tanto para la laguna arrecifal como para el frente arrecifal, aunque claramente es más marcada para la laguna arrecifal (figura 12). La asociación entre la cobertura coralina y el índice de macroalgas carnosas muestra una tendencia lineal positiva, consistente tanto para la laguna arrecifal como para el frente arrecifal y también es más clara para la laguna arrecifal (figura13).



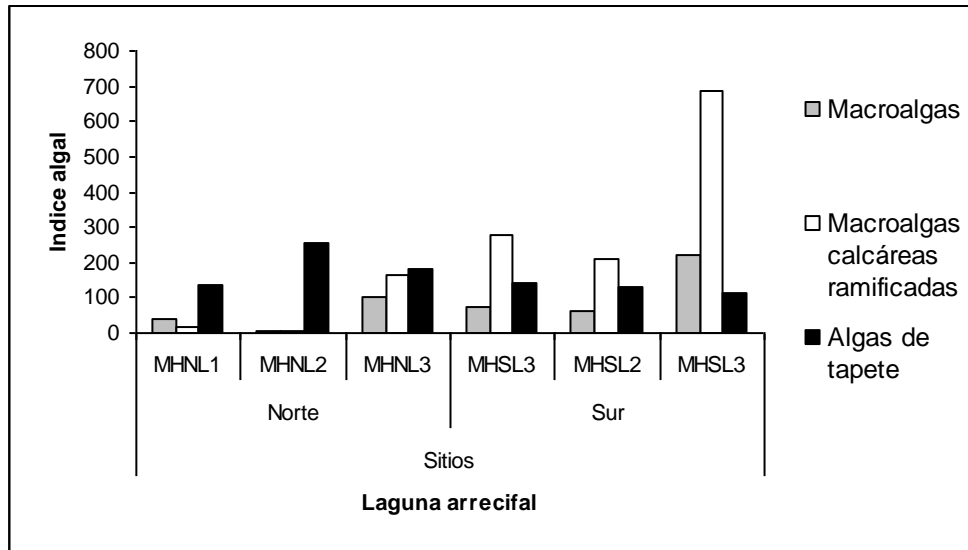


Figura 10. Índice algal de macroalgas, macroalgas calcáreas ramificadas y algas de tapete en la laguna arrecifal de Mahahual.

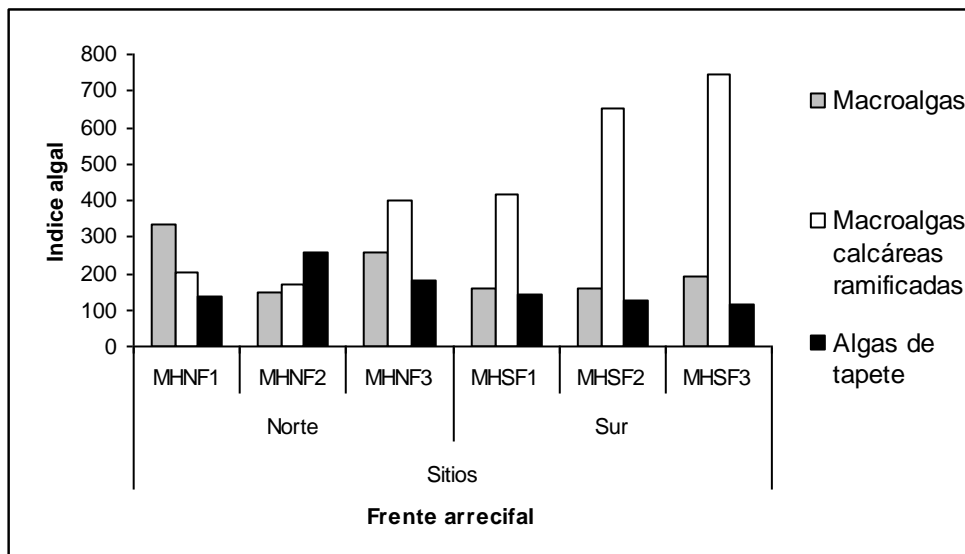


Figura 11. Índice algal de macroalgas, macroalgas calcáreas ramificadas y algas de tapete en el frente arrecifal de Mahahual.

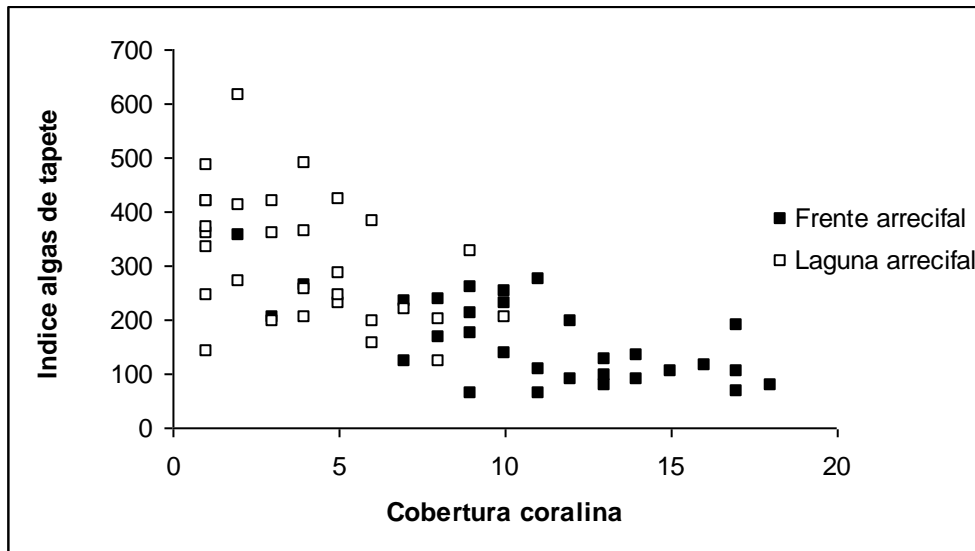


Figura 12. Asociación entre el índice algal de las algas de tapete y la cobertura coralina en el arrecife de Mahahual.

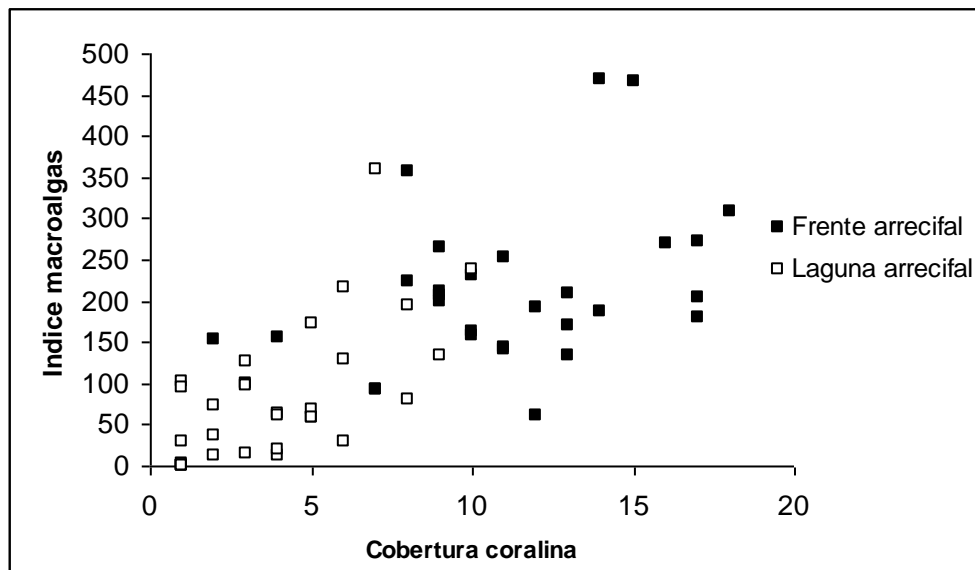


Figura 13. Asociación entre el índice algal de las macroalgas y la cobertura coralina en el arrecife de Mahahual.

- **Función del ecosistema**

Condición de la comunidad coralina

Mortalidad coralina

El porcentaje de mortalidad para toda el área muestreada fue de 1.91% (D.E.  $\pm 1.93$ ). La laguna arrecifal presenta mayor porcentaje de mortalidad (1.97%, D.E  $\pm 2.14$ ) en comparación con el frente arrecifal (1.84%, D.E  $\pm 1.73$ ), los sitios que mayores valores de mortalidad presentaron se encuentran en la zona sur de los hábitats (figuras 14 y 15).

Enfermedad de corales

En la laguna arrecifal no se observó enfermedad en ninguno de los sitios, no así en el frente arrecifal, sólo en cuatro de los seis sitios se registró algún tipo de enfermedad (figura 16) siendo el sitio MHNF3 el de mayor porcentaje con 3.5% (D.E.  $\pm 4.2$ ).

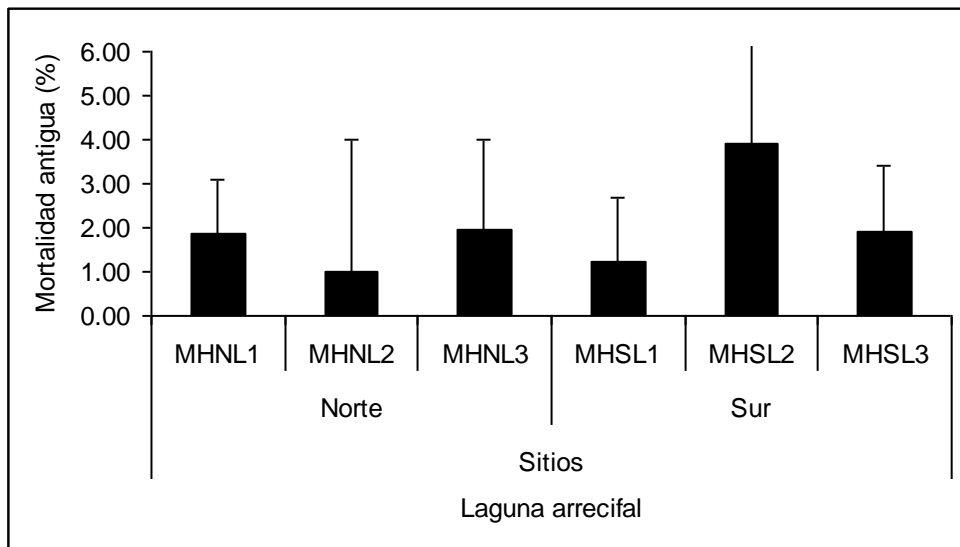


Figura 14. Porcentaje de mortalidad antigua en la cobertura coralina por sitio de la laguna arrecifal de Mahahual.

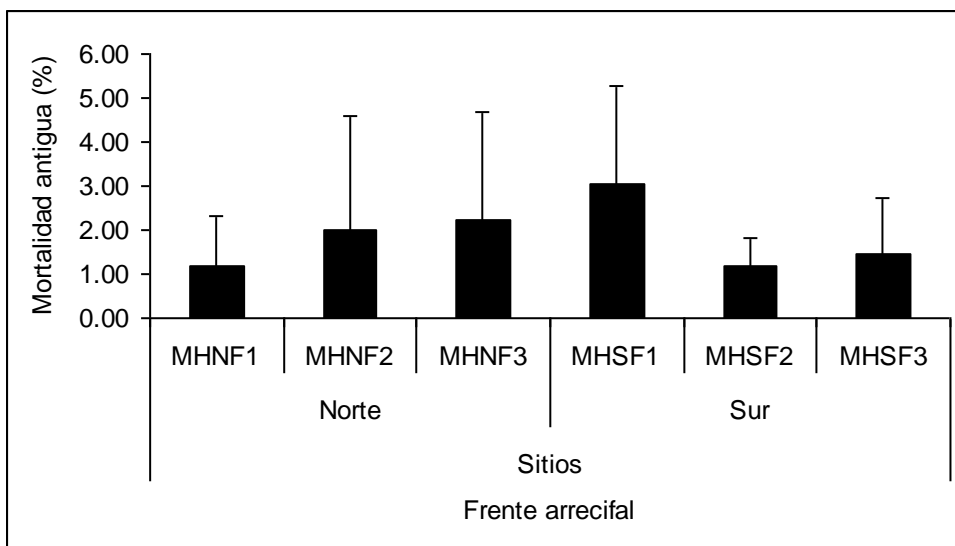


Figura 15. Porcentaje de mortalidad antigua en la cobertura coralina por sitio en el frente arrecifal de Mahahual

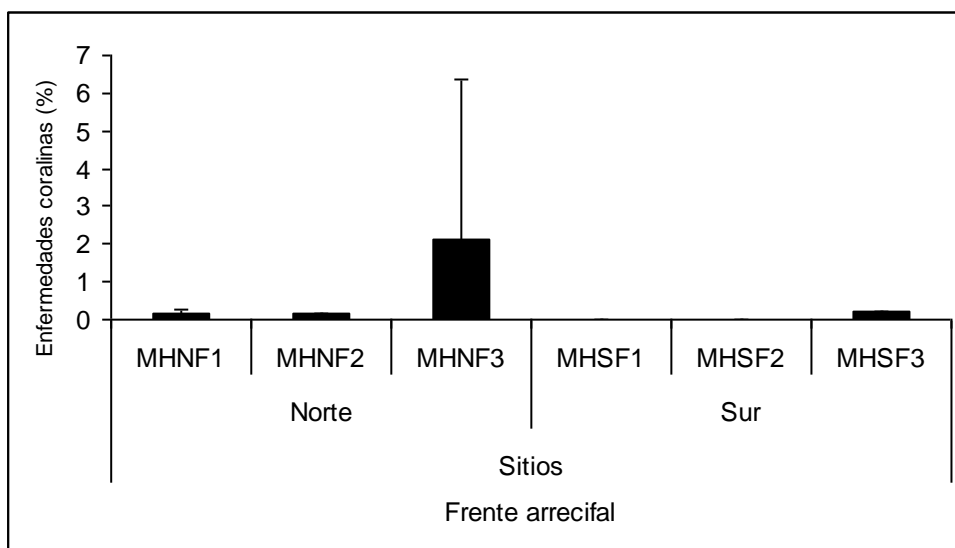


Figura 16. Porcentaje de colonias con enfermedad en el frente arrecifal.

### Blanqueamiento de corales

En el área muestreada no se observaron valores altos de blanqueamiento, en la laguna arrecifal únicamente en dos sitios se identificó blanqueamiento (figura 17). En el frente arrecifal el único sitio que no presentó blanqueamiento fue MHSF1, el sitio con el porcentaje más alto fue MHSF2 con 1.27% (D.E± 1.16) (figura 18).

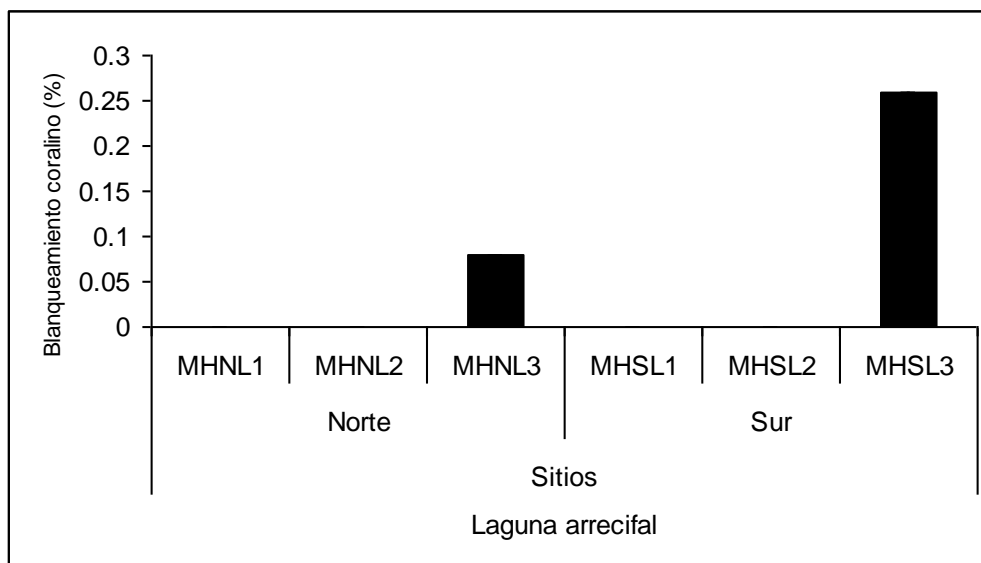


Figura 17 Porcentaje de colonias con blanqueamiento en laguna arrecifal de Mahahual.

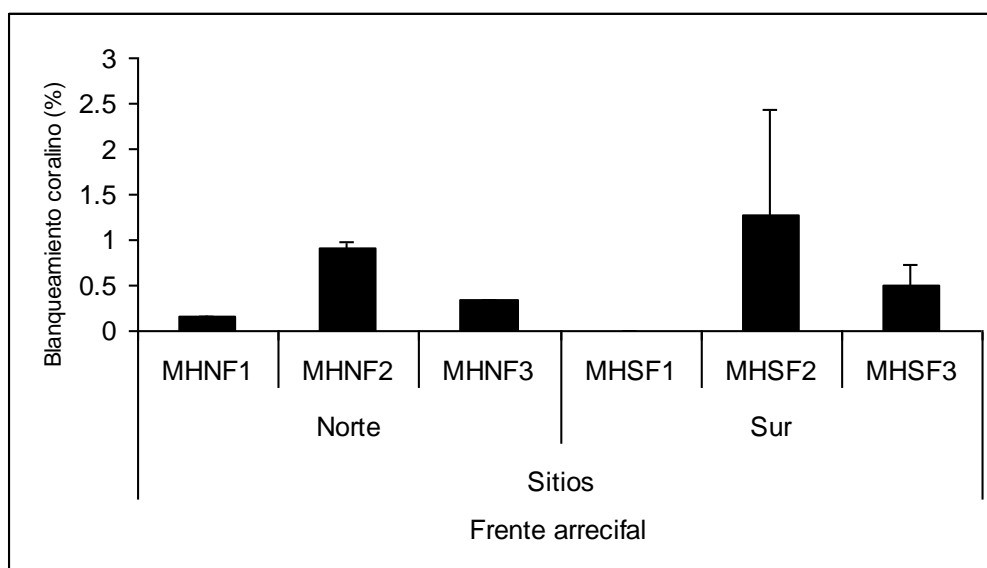


Figura 18. Porcentaje de colonias con blanqueamiento en el frente arrecifal de Mahahual.

En general las afectaciones coralinas no presentaron valores altos en comparación con la cobertura coralina, en el apéndice 4 se concentran los porcentajes de cobertura coralina, mortalidad, enfermedad y blanqueamiento de todos los sitios muestreados en el arrecife de Mahahual.

## DISCUSIÓN

En la actualidad, Mahahual es una comunidad dedicada principalmente al turismo. Debido a esto, el desarrollo se ha incrementado, generando serias afectaciones en sus recursos naturales y ecosistemas (Kramer, 2000), aunado a esto las condiciones socioeconómicas no son equitativas para toda la comunidad. Este estudio permitió identificar la ausencia de estrategias de manejo para las actividades turísticas desarrolladas en el arrecife coralino; además el aprovechamiento, no regulado, de este ecosistema no considera estrategias de conservación, protección y/o restauración.

### Entrevista

El proyecto se enfocó en las actividades turísticas que se desarrollan en el arrecife coralino e identificó al buceo y el snorkel como las actividades más practicadas en el arrecife. Los sitios mencionados con mayor frecuencia por los informantes fueron diez, aunque no fue posible obtener las coordenadas geográficas para su ubicación, si fueron señalados por el nombre común. Se compararon los sitios descritos en los antecedentes de este documento y se identificaron a Escalones y Faro Viejo como los sitios con mayor frecuencia de visita por turistas. De manera circunstancial, se observa un acuerdo entre los prestadores de servicios de llevar a turistas con experiencia a lugares diferentes respecto de los turistas sin experiencia. En ambos casos, para elegir un sitio en particular la motivación principal es el paisaje. Uno de los resultados de las entrevistas fue que los PST han aumentado sus sitios de visita. Esto se deduce porque nuevos sitios como Dos ojos, Jardines, La Boya y Maya Palms no habían sido reportados en estudios anteriores a este. El acceso a los distintos sitios arrecifales es libre siempre y cuando no se ingrese a los límites establecidos por las ANP que colindan con Mahahual.

Es importante considerar el nado libre como una actividad más que se practica en Mahahual. Aunque esta actividad no representa un ingreso económico directo para los PST, podría estar afectando el arrecife coralino, puesto que no se observa ningún tipo de limitante o reglas en cuanto al acceso a áreas arrecifales someras. En cuanto a la actividad de esnorquel los informantes no mencionan ningún tipo de manejo para su desarrollo en el arrecife coralino.

### *Medidas de manejo/control de los prestadores de servicios.*

Los PST efectúan las actividades de buceo autónomo regido por las reglas establecidas para el buceo certificado. El principal objetivo de estas reglas es la seguridad del buzo, no se considera la conducta que este tiene sobre el arrecife. En algunos casos los PST imparten pláticas informativas sobre los cuidados que deben tener al estar cerca del arrecife. Sin embargo, para considerar efectiva esta práctica existe una limitante, el idioma. Algunos de los PST en Mahahual son de origen extranjero y no hablan español, en otros casos son originarios de México o de la localidad pero no hablan inglés, esta falta de comunicación impide que las pláticas sean efectivas. Además no existe ningún requisito o certificación por parte de alguna autoridad para realizar la actividad de guía de buceo autónomo recreativo, a pesar de existir la norma. NOM-09 TUR-2002 donde se especifica: “Para poder desempeñar la actividad de guía especializado es necesario que el prestador obtenga la credencial de reconocimiento debidamente expedida por la Secretaria de Turismo”, junto con una licencia como Guía de Buceo, la cual es obtenida al realizar exámenes teóricos y prácticos. La Secretaria de turismo en el estado (SEDETUR) no realiza ningún tipo de trámite para los prestadores que ofrecen la actividad de buceo en Mahahual, dado que los PST no lo mencionaron en la entrevista y al investigar en la propia dependencia nos contestaron que próximamente se establecerá este trámite. Por lo tanto, se infiere que los pescadores o cualquier interesado pueden sin ningún tipo de requisito, desarrollar actividades turísticas como alternativa de trabajo y desempeñarse como guías de buceo sin contar con la experiencia necesaria, al igual que buzos sin experiencia comprobable.

### *Medidas de regulación institucional*

De las respuestas proporcionadas por los informantes en la entrevista, es posible señalar que no se conocen regulaciones institucionales para los sitios arrecifales y que la mayoría de las regulaciones están diseñadas para las embarcaciones y el capitán. En cuanto a la vigilancia se menciona que la presencia de la Secretaria de Marina aumenta en periodos vacacionales pero ninguno de los PST reconoce a otra autoridad que desempeñe labores de vigilancia. De esta forma, se comprueba que no se tiene ningún tipo de regulación por parte de las autoridades sobre las actividades turísticas desarrolladas en sitios arrecifales. Cabe resaltar la respuesta de un informante que maneja el concepto de “autorregulación” al decirnos que las

regulaciones pueden ser realizadas con un “código de ética” por parte de la empresa, esto indica que estaría dispuesto a regular el desempeño de su actividad.

#### *Impactos sobre el arrecife*

En general, el conocimiento que tienen los PST de los impactos que afectan al arrecife es bueno; sin embargo, existe un grupo que no reconoce los cambios que ha sufrido el arrecife coralino, principalmente porque tienen poco tiempo de residencia en la localidad. Los PST con mayor tiempo de residencia son los que manifiestan más conocimiento y por ende se infiere mayor arraigo a la localidad y a sus recursos naturales. Los impactos naturales mencionados por los informantes fueron cuatro, entre los que destaca el fenómeno del Pez León. En este caso, se identificó en sus respuestas la capacidad de organizarse, tomar acuerdos y respetarlos, dado que todos dicen realizar la captura mediante el mismo método.

En términos generales identifican los problemas que causan los impactos antropogénicos pero hacen poco por resolverlos. Esto podría ser porque piensan que estas tareas le corresponden a la autoridad o por falta de conocimiento para abordar los problemas que se generan. De lo anterior, es posible señalar que el nivel de organización que se presenta en Mahahual se encuentra en un nivel de “comunicación” generado por un suceso específico. Esto significa que, cuando se genera una perturbación, solo en el lapso de tiempo que dura el efecto de disturbio es cuando algunos miembros de la comunidad se unen para resolver o disminuir el impacto de la perturbación, pero la organización no es permanente.

#### Evaluación arrecifal

##### *Diversidad y Estructura de la comunidad*

En el arrecife de Mahahual se han registrado hasta 47 especies de corales duros (Rix *et al.*, 2005). Ruiz-Zarate (2003), menciona haber identificado 24 especies para el área de Mahahual y en el presente estudio (2009) se identificó el mismo número de especies. De las especies identificadas sobresalen *A. palmata* y *cervicornis* debido a su importancia ecológica, ya que eran especies dominantes en los arrecifes poco profundos hasta mediados de los años setentas, actualmente son raras (Vega *et al.*, 2007), esto a causa de la enfermedad llamada “banda blanca”, por lo que estas especies hoy en día se encuentran bajo el estatus de “Sujetas a Protección Especial”



según la Norma Oficial Mexicana NOM-SEMARNAT-59-2001. Actualmente su abundancia es menor; se registró únicamente una colonia de cada especie con una cobertura muy baja, por lo que continúan siendo de las especies menos frecuentes.

Jordan (1993) indicó que las especies dominantes en la zona sur del Caribe mexicano son *Montastraea annularis*, *Colpophyllia natans* y *Diploria strigosa*; para 1999 Ruíz-Zarate indicó como especies dominantes a *Montastraea annularis*, *M. faveolata*, *M. cavernosa* y *Diploria strigosa* para el arrecife coralino del centro y sur de Quintana Roo. En esos estudios permanecen constantes *M. annularis* y *D. strigosa*, no así en los resultados de este estudio donde las especies con mayor presencia son *Agaricia agaricites*, *Porites astreoides*, *Siderastrea sideria* y por último, *Montastrea annularis*, disminuyendo la abundancia de ésta, como la especie principal. Es importante resaltar la disminución de la abundancia y cobertura de *M. Annularis* puesto que es una de las especies que contribuyen de manera importante a la formación de la estructura tridimensional del arrecife coralino, en comparación con *A. agaricites* cuyo tamaño es considerablemente menor al de *M. annularis*. Diez años después, la riqueza específica en el arrecife coralino de Mahahual se ha mantenido; sin embargo, se observa un cambio en las especies dominantes.

El frente arrecifal de Mahahual presentó una disminución en la cobertura coralina respecto de estudios anteriores. De acuerdo a Ruiz-Zarate (2003) y GVI (2005) a una profundidad de 10 m (misma de este proyecto), el porcentaje se encontraba en 17% y 18.66%, respectivamente para cada estudio, mientras que, en el muestreo realizado en este proyecto se encontró que la cobertura coralina para el frente arrecifal de Mahahual fue de 10.57% en promedio. En cuanto a la cobertura coralina, la zona norte se considera la más afectada puesto que existen sitios con valores mínimos de cobertura coralina (1.04%) y no alcanza el 1% de cobertura de los componentes de grupos vivos. Esta zona, localizada frente a la comunidad de Mahahual, presenta el mayor desarrollo urbano en la costa y corresponde al área de uso intensivo por el libre y fácil acceso a la laguna arrecifal. Por el contrario, la zona sur se ubica después de la desembocadura de Río Bermejo (canal natural superficial), el desarrollo urbano es menor y las condiciones del arrecife no se consideran tan afectadas al registrarse sitios con un porcentaje más elevado de cobertura coralina (9.86%) y de grupos vivos (8.5%).

Bastida *et al.* (1999) registró, en parches someros de la laguna arrecifal en Mahahual, 12% de cobertura coralina en promedio; después de 10 años, las condiciones han cambiado drásticamente, ya que en este estudio se registró 6.42% de cobertura coralina en promedio, se estima una pérdida de la mitad de cobertura coralina en la laguna arrecifal. Es importante señalar que los diseños de muestreo no son los mismos entre estudios, sin embargo se reportan los datos estandarizados a porcentaje. El frente arrecifal no presentó una diferencia considerable en el porcentaje de cobertura coralina entre las zonas norte y sur (10.3% y 10.7%, respectivamente), sin embargo, si ha disminuido significativamente en comparación con los registros de GVI en el 2005 (18.66%) para el arrecife de Mahahual.

La estructura de la comunidad algal se relaciona con la presencia de otras algas, la intensidad de herbivoría dada por erizos, peces y grandes vertebrados, y a la productividad facilitada por factores ambientales como la luz, nutrientes y oleaje (AGRRA, 2011). El grupo de algas de tapete mostró mayor dominancia en el arrecife de Mahahual, este grupo algal muestra una rápida recuperación después de haber sido consumida parcialmente por herbívoros, presentan un rápido crecimiento, además limitan el establecimiento de reclutas de coral y el crecimiento de colonias de corales duros (AGRRA, 2011). Al explorar la relación entre la cobertura coralina y las algas de tapete, los resultados son consistentes con la estructura de estas algas al mostrar que, cuando su cobertura es mayor, la cobertura coralina es menor. Aunado a la competencia entre algas-corales, es necesario considerar la sobrepesca de vertebrados como las tortugas marinas, los peces herbívoros como el loro o el mero, la disminución de invertebrados como el erizo de mar *D. antillarum*, los cuales controlaban el crecimiento de las algas, debido a la ausencia de estas especies las algas cubren el fondo arrecifal de manera importante, inhibiendo el crecimiento de corales e incrementando la pérdida de cobertura coralina (Lessios, 1998).

## Funciones del ecosistema

### *Condición de la comunidad coralina*

La condición de la comunidad coralina medida en función de la mortalidad antigua, el blanqueamiento y las enfermedades en el arrecife de Mahahual no presentó porcentajes altos que indiquen una condición de afectación severa, sin embargo la evidencia de la mortalidad, por ejemplo, puede perderse u ocultarse debido a factores

como la bioerosión, la proliferación de algas y huracanes (McFiel y Kramer, 2007). Si consideramos los porcentajes altos obtenidos de la cobertura algal y el impacto del huracán Dean en Mahahual podrían estar relacionados con la poca cobertura de mortalidad, blanqueamiento y enfermedades registradas para este arrecife.

### *Intensidad de uso*

La zona norte del arrecife en Mahahual correspondería al área de uso intensivo, puesto que le conciernen los sitios de mayor uso para actividades turísticas, en estos sitios el arrecife presentó valores bajos de cobertura coralina. En esta zona se encuentra el sitio MHNL2, el cual presentó los valores más bajos de cobertura coralina de toda el área muestreada, lo cual es generado posiblemente, por una serie de afectaciones que se observan como el desarrollo urbano, la construcción de caminos, incluso el malecón de Mahahual que genera una interrupción en la conectividad por flujos subterráneos entre el manglar y el arrecife, además que el ecosistema de manglar continua severamente afectado en esta área (Hirales-Cota et al., 2010). Por otro lado, el acceso a este sitio, en la laguna arrecifal, es libre para los turistas, en ocasiones se desplazan hasta el área arrecifal caminando, ocasionando un impacto al arrecife; esta situación fue mencionada por los PST y el Capitán de Puerto, además es una acción observada cotidianamente, para lo cual hay poca vigilancia; únicamente en periodos vacacionales se observa la presencia del personal de la Secretaria de Marina en acciones de vigilancia.

El área de uso de baja intensidad podría corresponder a la zona sur, se deduce al hallarse los sitios más lejanos al poblado considerando también que el esfuerzo es mayor para desplazarse hacia estas áreas, sin embargo es necesario realizar un estudio más detallado para definir con claridad esta área, debido a que en la entrevista se mencionaron nuevos sitios de uso turístico y no se cuenta con la ubicación exacta para poder definirlos en un área. Ambas áreas mostraron que los valores de cobertura promedio para cada hábitat, laguna arrecifal y frente arrecifal, indican que la condición es “regular” (Iniciativa Arrecifes Saludables, 2010).

Después de comparar los resultados obtenidos con anterioridad para el arrecife de Mahahual y el presente estudio se considera que el arrecife coralino de Mahahual se encuentra seriamente afectado. A partir de los resultados obtenidos tanto en la entrevista como en la evaluación arrecifal, podemos inferir que las actividades

turísticas desarrolladas en el arrecife posiblemente estén generando mayor estrés sobre el arrecife coralino, conjuntamente con las relacionadas con la falta de regulación y vigilancia de las actividades turísticas así como a la conducta del buzo sobre el arrecife coralino. Este estrés se suma a las causas ya conocidas que afectan a los arrecifes alrededor del mundo, como las temperaturas anormales sobre la superficie del mar, causando un incremento en el blanqueamiento en los corales (GCRMN, 2005); a la captura excesiva de algunas especies de peces y mega-herbívoros, generando un estímulo en la competencia entre los corales y las algas, ocasionando un aumento importante en la abundancia de algas en los arrecifes e impidiendo la fijación de las larvas de coral sobre el sustrato (Burke y Maidens, 2005).

Al conocer las condiciones del arrecife coralino en Mahahual, concluimos en la necesidad de establecer medidas de regulación sobre las actividades de buceo y esnorquel, que se desarrollan en esta área arrecifal; mediante estrategias que incluyan metas específicas que permitan mejores prácticas de las actividades, así sería posible contribuir a disminuir la vulnerabilidad del ecosistema y en gran medida a la conservación del mismo.

## RECOMENDACIONES DE MANEJO

La introducción de estrategias de manejo en áreas naturales que no las presentan se ha identificado como una necesidad para la conservación de los ecosistemas (Jordan, 1993; Steer, *et al.* 1997 y Sian Ka'an, 2003). Este estudio tiene como objetivo general elaborar una serie de propuestas de manejo dirigidas a los PST que operan en Mahahual, estas propuestas están basadas en la información obtenida de las entrevistas, de la evaluación arrecifal y de observaciones realizadas durante el tiempo que se trabajó en Mahahual. Sin embargo, ha sido necesario realizar una revisión del marco legal existente alrededor de la actividad turística, en relación a los guías de buceo, pero principalmente del ecosistema arrecifal, con el objetivo de identificar el reconocimiento jurídico de la importancia de los arrecifes de coral como ecosistema, así como identificar la base legal que sustentaría las propuestas de manejo (apéndice 5).

El marco jurídico ambiental mexicano esta basado inicialmente en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos donde se establecen las bases fundamentales del Derecho Ambiental (artículos 25, 27, 75 y 115). Para especificar el ordenamiento de las políticas generales para la protección del ambiente, se expidió en 1988, la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; entre las políticas generales destacan el Ordenamiento Ecológico del Territorio Nacional, la expedición de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y la Evaluación de Impacto Ambiental, a la vez que establece Áreas Naturales Protegidas, los cuales son reguladas mediante leyes, reglamentos y normas oficiales mexicanas. Por lo concerniente a este estudio, el marco legal existente alrededor del ecosistema arrecifal y de las actividades de turismo en Mahahual, esta regulado principalmente por el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMMyMC) el cual permitirá regular e inducir los usos del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable; y las NOM; las cuales son regulaciones técnicas, que contienen información, requisitos y especificaciones que permiten establecer parámetros evaluables para evitar riesgos a la población, a los animales y al ambiente, todas ellas son de observancia obligatoria. Referente a la actividad de operadoras turísticas y guías existen tres NOM: 1) NOM-05TUR-2003, 2) NOM-09TUR-2002 y 3) NOM-011TUR-2001, en ellas se especifican los requisitos

para obtener la autorización de operadora de buceo, las reglas de seguridad que son necesarias cumplir y los requisitos que cada guía de buceo autónomo recreativo debe cumplir para desempeñar la actividad; sin embargo para el caso específico de Mahahual no son aplicadas por la SEDETUR. En general, las leyes o normas jurídicas que involucran a los arrecifes de coral son para especies marinas, bajo algún estatus de protección y regulación respecto a su extracción. En el listado de normas jurídicas analizado, no se hace mención específica o énfasis en el “ecosistema de arrecifes de coral” que definan mecanismos de protección, conservación o restauración. A excepción de la NOM-022-SEMARNAT-2003, en la que se establecen las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar, donde se incluye, no solo a los humedales costeros en la conservación, sino también a los diferentes ecosistemas asociados a los humedales, dentro de ellos al arrecife de coral. Sin embargo esta no es una norma de protección, conservación y restauración dirigida a los ecosistemas arrecifales. En el POEMyRGMMyMC se identifica, la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) No. 182, la cual comprende una superficie de 151,251.068 hectáreas dentro de las cuales se localizan los arrecifes de Mahahual; en esta UGA se establecieron diferentes criterios de uso y aprovechamiento los cuales son generales, es decir, para el caso particular de Mahahual, es necesario establecer criterios particulares que resuelvan la problemática local, identificada en este estudio. Es necesario generar ante la autoridad el reconocimiento jurídico de la importancia de los arrecifes de coral como ecosistema donde se incluyan estrategias de protección, conservación y restauración.

Por lo anterior y con base en los resultados obtenido en este estudio se identificó que los PST, de manera general, desconocen los mecanismos de regulación y vigilancia para las actividades de pesca y actividades recreativas acuáticas; no existe un programa de zonificación actualizado para asignar tipos e intensidad de uso, en el que se incluya el conocimiento local de los usos; además el conocimiento local de la interrelación entre los ecosistemas costeros es elemental, lo que limita el entendimiento, la necesidad e importancia de implementar acciones de protección para el arrecife y ecosistemas asociados. Adicionalmente, con base en los resultados de la evaluación ambiental y las comparaciones con estudios previos en el arrecife de Mahahual, existe evidencia acumulada de que el sistema arrecifal coralino se

encuentra deteriorado. La cobertura coralina en los último diez años muestra una disminución, con un aumento concomitante en la cobertura algal y un cambio estructural en las especies dominantes i.e. la reducción de especies estructuralmente importantes como *A. palmata*, *A. cervicornis*, *M. annularis*. Finalmente se identificaron cinco necesidades básicas sobre las que se proponen cinco recomendaciones de manejo:

1. Aplicar la normatividad existente en relación a mecanismos de regulación y vigilancia para:

- a) Las actividades de pesca
- b) Las actividades turístico-recreativas relacionadas con el buceo autónomo
- c) Certificación para guías de buceo autónomo recreativo y
- d) Límites en el número de turistas por guía de buceo

2. Establecer un programa de educación ambiental, que incluya la legislación y normatividad, tanto para PST como para la comunidad en general.

3. Organizar a los PST para que tengan un mecanismo de decisión e interlocución con las autoridades de los tres niveles de gobierno.

4. Implementar una estrategia de zonificación que facilite la aplicación de acciones de protección para el arrecife coralino.

5. Proponer estrategias adicionales de conservación y restauración si fuera necesario.

Las recomendaciones se describen en cinco iniciativas, cada una con su descripción y la escala de involucramiento de los diferentes sectores que podrían participar (Tabla 8).

Tabla 8. Recomendaciones de manejo para prestadores de servicios turísticos en áreas arrecifales de Mahahual, Quintana Roo.

Iniciativa	Descripción	Escala
<b>Normatividad relacionada a legislación y vigilancia existente.</b>		
Actividades de pesca	<p>Aplicar las normas oficiales mexicanas:</p> <p>NOM-006-PESC-2001</p> <p>NOM-008-PESC-1993</p> <p>NOM-013-PESC-1994</p> <p>NOM-029-PESC-2000</p> <p>NOM-065-PESC-2007</p> <p>NOM-017 PESC-1994</p> <p>Vigilancia de temporadas de veda.</p> <p>Vigilancia de artes de pesca.</p> <p>Registro de número de pescadores en la localidad</p>	<p>Desde cada prestador de servicio turístico hasta dependencias como:</p> <p>Secretaria de Marina, Gobierno Estatal, Federal PROFEPA, SEMARNAT, y CONANP.</p>
<p>Actividades turístico-recreativas relacionadas con el buceo autónomo.</p> <p>Límites en el número de turistas por guía de buceo</p>	<p>Aplicar las normas oficiales mexicanas:</p> <p>NOM-05TUR-2003,</p> <p>NOM-011TUR-2001</p> <p>Introducción antes de la actividad: experiencia del buzo, medidas de seguridad (equipo, embarcación), límites de descenso, medidas de protección para el ambiente (distancia mínima de la flora y fauna 1 metro). El número de turistas esta en función del nivel de experiencia que</p>	<p>SEDETUR, Secretaria de Marina, PROFEPA, SEMARNAT, CONANP Gobierno Estatal, y Federal.</p>



tengan, para establecer buenas practicas del buceo en el arrecife de coral

Certificación para guías de buceo autónomo recreativo	<p>NOM-09TUR-2002</p> <p>Para poder desempeñar la actividad de guía especializado es necesario que el prestador obtenga la credencial de reconocimiento debidamente expedida por la Secretaria de Turismo.</p>	<p>SEDETUR</p> <p>Gobierno Estatal, y Federal.</p>
---	--	--

**Programa de educación ambiental**

Ambiental	<p>Proveer de información relativa al ecosistema de arrecifes de coral y ecosistemas asociados a éste, manglar, dunas costeras y pastos marinos. Temas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Estructura y función de los ecosistemas</li> <li>-Biodiversidad</li> <li>-Impactos (naturales y antropogénicos)</li> <li>-Mitigación, prevención, conservación</li> </ul>	<p>Desde cada prestador de servicio turístico hasta centros de investigación, dependencias gubernamentales. UQROO, ITCH, ECOSUR, SEMARNAT, SEMA y CONANP.</p>
Legal	<p>1) Dar a conocer el marco jurídico establecido para la localidad de Mahahual, principalmente el relacionado al arrecife coralino y su influencia costera y a las</p>	<p>Desde cada prestador de servicio turístico, sociedad en general, turistas, hasta dependencias como Gobierno Estatal y</p>

actividades turísticas.	Municipal, Alcaldía,
Temas: LGEEPA	PROFEPA, SEMA,
Ley General de Vida Silvestre	SEDETUR,
Ley General de Turismo	SEMARNAT, CONANP.
POEMyRGMMyMC	
POET Costa Maya	
NOM-09TUR-2002	
NOM-05TUR-2003	
NOM-011TUR-2001	
NOM-022-SEMARNAT-2003	
NOM-059-SEMARNAT-2010	

**Organización,  
mecanismo de decisión  
e interlocución**

Establecer un mecanismo de organización permanente que permita identificar las necesidades y decidir las posibles soluciones, que incluya un mecanismo para expresar a la autoridad correspondiente la problemática identificada y dar seguimiento a la resolución de la misma.

Realizar un censo de los PST para establecer un Programa de capacitación y actualización para el personal por cada una de las actividades turísticas que se ofrecen, en los cuales, además de contemplar los temas relevantes de la actividad propia, se consideren aspectos sobre los recursos naturales y ecosistemas.

Desde cada prestador de servicio turístico hasta dependencias como Gobierno Estatal, Municipal y Alcaldía, SEMARNAT, SEMA, PROFEPA, SEDETUR.

**Zonificación**

1) Elaborar un mapa que incluya los sitios de usos turísticos y la condición del ecosistema arrecifal. Además de una propuesta de cuales son los sitios adecuados según la experiencia y el número de buzos y establecer límites de acceso a los turistas en áreas someras.

Desde cada prestador de servicio turístico hasta dependencias como Gobierno Estatal y Municipal, SEDETUR, SEMARNAT, ZOFEMAT, CONANP y UQROO, ECOSUR.

**Estrategias de conservación y restauración**

Con la información proporcionada a los prestadores de servicios y a la comunidad en general, en el programa de educación ambiental y legal, y una vez establecida su forma de organización es posible iniciar la elaboración de estrategias de conservación y/o restauración, según las observaciones que realizan los prestadores de servicios y las evaluaciones que elaboren del ecosistema.

Prestadores de servicios turísticos y dependencias como SEDETUR, SEMARNAT, ZOFEMAT, CONANP y UQROO, ECOSUR.

## REFERENCIAS

- Álvarez-Filip, L. y Nava-Martínez, G. 2005. *Reporte del efecto e los huracanes Emily y Wilma sobre arrecifes de la costa Oeste del Parque Nacional Arrecifes de Cozumel, Q. Roo.* 14 p.
- Amigos de Sian Ka'an A.C. 1998. *Normas Prácticas para el Desarrollo Turístico de la Zona Costera de Quintana Roo, México.*
- Amigos de Sian Ka'an A.C. 2003. *Manejo integrado de recursos costeros en Mahahual. Reporte final. Periodo octubre 2002-2003.* Universidad de Rhode Island. Quintana Roo. 42 p.
- Amigos de Sian Ka'an A.C. 2003. *Descripción del arrecife de Majahual. Quintana Roo, México.* 47 p.
- Bastida-Zavala, J. R; Beltrán-Torres, M. A.; Gutiérrez-Aguirre, M. A. y Fuente-Betancourt, G. 2000. *Evaluación rápida de los arrecifes parche de Majahual, Quintana Roo.* Revista de Biología Tropical. V. 48 (1): 137-143.
- Benítez, M. J. 2009. *Diagnostico de Salud, Mahahual.* Secretaria de Salud, Servicios Estatales de Salud de Quintana Roo, Jurisdicción Sanitaria No. 1. P. 43.
- Goreau T; Goreau, N; Goreaut, J. 1979. *Corals and corals reefs.* Scientific American. 124-136 p.
- English, S., Wilkinson, C, y Aker, V. 1997. *Survey Manual for Tropical Marine Resource.* 2a ed. Ed. Australian Institute of Marine Sciencie. Townsville, Australia. 34, 35- 52 p.
- Gulko, D.; Goddard, K.; Ramírez, P.; Brathwaite, A.; Barnard, N. 2007. *Toolkit para Arrecifes de Coral.* ICRI CSI. P. B-94.
- Hernández, R.; Fernández, C.; Bautista, P. 2003. *Metodología de la Investigación.* México. 3ra. ed. Ed.Mc Graw Hill. 706 p.
- Hirales-Cota. M; Espinoza-Avalos; J; Schmook, B; Ruiz-Luna, A; Ramos-Reyes, R. 2010 *Drivers of mangrove deforestation in Mahahual-Xcalak, Quintana Roo, southeast Mexico.* Ciencias Marinas, Vol. 36, Núm. 2, 2010, pp147-159.
- Islebe G, A; Torescano-Valle, N; Valdez-Hernández, M; Tuz-Novelo, M; Weissenberger, H. 2009. *Efectos del impacto del huracán Dean en la vegetación del sureste de Quintana Roo, México.* Foresta Veracruzana. Vol. 11 (1). Universidad Veracruzana, México. P. 1-6.

- Kerlinger, F.,N. 1984. *Investigación del comportamiento. Técnicas y metodologías*. 2da Ed. Ed. Interamericana. México, D.F. P. 525.
- Humann, P. 1993. *Reef Coral Identification, Florida, Caribbean, Bahamas*. New World. Publications, Inc., Jacksonville, FL. 239 pp.
- Jordan, D. E. 1993. El *Ecosistema Arrecifal Coralino del Atlántico Mexicano*. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. Vol. Esp. (XLIV): 157-175 p.
- Kramer, P., Kramer, P. R., Arias-Gonzalez, E. and McField, M. 2000. *Status of coral reefs or Northern Central America. Status of coral reefs of the World: 2000*.
- Knowlton, N. and Jackson, J. B.C. 2001. *The ecology of coral reefs* in Bertness, M.D., Gaines, S.D., Hay, M.D. (Ed.) (2001) *Marine community ecology*. Sinauer Associates:Sunderland. 395-422 p.
- Lessios, H. A. 1998. *Mas mortality of Diadema antillarum in the Caribbean: What have we learned?* Annual. Rev. Ecol. Syst. 19: 371-391 p.
- Lighty, R. G., Macintyre, I. G., y Stuckenrath, R.. 1982. *Acropora palmata* Reef Framework: A realible indicator of sea level in the western Atlantic for the past 10,000 years. *Coral Reefs*, 1:125-130.
- McField, M.; Kramer, P. 2007. *Arrecifes saludables para gente saludable* Guía de indicadores de salud del arrecife y bienestar social en la región del Arrecife Mesoamericano. E.U. Ed. The Smithsonian Institution. 208 p.
- Merediz, 2007. *Resumen de un recuento preliminar de daños ocasionados por el huracán Dean en Quintana Roo, México*. Amigos de Sian Ka ´an. 30 p.
- Murray, G. 2007. *Constructing Paradise: The impacts of Big Tourism in the Mexican Costal Zone*.*Coastal Management*. 35:39-355. Canada. 18 p.
- Reaka-Kudla, M., L. 1997. *The global biodiversity of coral reefs: a comparison with rain forests*. 83-109 p. Reaka-Kudla, M. L.; Wilson, D. E. and Wilson, E. O. (eds.) *Biodiversity 2: understanding and protecting resources*. National Academy of Sciences. E. U. A. 527 p.
- Rix, C.E., Woods-Ballard A.J. y Gwenin S.R. (eds.) 2005. *Global Vision International, Mahahual, Annual Report 2005*. In Collaboration with Amigos de Sian Ka´an and Universidad de Quintana Roo. Global Vision International, México Report Series No.001.
- Ruíz-Zárate, M. A; Hernández-Landa, R. C; González-Salas, C; Núñez-Lara, E y Arias- González, J. E. 2003. *Condition of coral reef ecosystems in central-southern Quintana Roo, Mexico (Part 1: Stony Coral and algae)* 318-337

- p., Lang, J. (ed.). *Status of Coral Reefs in the western Atlantic: Results of initial Surveys, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Program*. Atll Research Bulletin 496.
- Ruíz-Zárate, M., Hernández-Arana, H. y Jorgensen, P. 2008 *La Importancia de los Arrecifes de Coral en México*. Ecofronteras ECOSUR. Agosto. México. 34: 2-5.
- Salazar-Vallejo, S, I., Zurita, J. C., González, N. E., Pérez-Castillo, F. Gamboa, H. C. 1993. *Áreas costeras protegidas de Quintana Roo en Biodiversidad marina y costera de México*. CIQRO. P 687-708.
- Steer, R; Arias-Isaza, F; Ramos, A; Sierra-Correa, P; Alonso, D y Ocampo, P. 1997 *Documento base para la elaboración de la "Política Nacional de Ordenamiento Integrado de las Zonas Costeras Colombianas"*. Documento de consultoría para el Ministerio del Medio Ambiente. Serie publicaciones especiales. 6: 1-11 p.
- Strauss, A.L. 1987. *Qualitative analysis for social scientists*. Ed. Cambridge University Press. E. U. A. 5-24 p.
- Underwood, A. J. 1997. *Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance*. United Kingdom at the University Press, Cambridge. P. 504
- Vega-Zepeda, A., Hernández-Arana, H. y Carricart-Ganivet, J.P. 2007. *Spatial and size-frequency distribution of Acropora (Cnidaria:Scleractinia) species in Chinchorro Bank, Mexican Caribbean: implication for Management*. Coral Reefs, 26: 671-676.
- Wilkinson, C. Souter, D. (Eds.) 2008. *Status of Caribbean Coral Reefs after Bleaching and Hurricanes in 2005*. Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Centre. Townsville, Australia. 152 p.

Referencias electrónicas:

- AGGRA. <http://www.agra.org/> Fecha de acceso: 8 de marzo del 2009.
- CONANP. [www.conanp.gob.mx](http://www.conanp.gob.mx). Comisión de áreas naturales protegidas. Fecha de acceso: 10 de junio del 2009.
- INEGI <http://www.inegi.org.mx/> Censo de población y vivienda 2005. Fecha de acceso: 29 de junio del 2010.
- OPB. <http://www.opb.gob.mx/gobierno/oi/turismo/rutacostam.htm>

Fecha de acceso: 29 de junio de 2009.

SEDETUR. [www.caribemexicano.gob.mx](http://www.caribemexicano.gob.mx). Secretaria de Turismo de Quintana Roo Fecha de acceso: 29 de junio del 2009.

SEDETUR. <http://sedetur.qroo.gob.mx/> Secretaria de turismo de Quintana Roo. Fecha de acceso: 2 de septiembre del 2011.

IDRC. [http://web.idrc.ca/eepea/ev-137410-201-1-DO\\_TOPIC.html](http://web.idrc.ca/eepea/ev-137410-201-1-DO_TOPIC.html).

Campos, B. y Sosa, F. A. (S/F) Análisis de los mecanismos de concertación y participación social: el caso de la región Costa Maya (Mahahual, Quintana Roo, México).

Fecha de acceso: 8 de marzo del 2010.

## APENDICE 1

### CUESTIONARIO PARA PRESTADORES DE SERVICIOS TURÍSTICOS EN MAHAHUAL, QUINTANA ROO

Sección I. Datos demográficos.

Tiempo de trabajar en Mahahual \_\_\_\_\_

Lugar de residencia \_\_\_\_\_

Sección II. Actividades y lugares.

1.- ¿Qué tipos de servicios ofrece?

Actividad	
Snorkel	
Kayak	
Pesca deportiva	
Surfing	
Windsurfing	
Buceo	
Otro (especifique):	

2.- ¿Dónde ofrece esos servicios? Identifique por nombre local o por localización geográfica, los sitios donde realiza sus actividades.

Nombre local	Actividades

3.- De los sitios mencionados en la pregunta 2, ¿cuáles visita con mayor frecuencia y por qué?

- 1.- \_\_\_\_\_
- 2.- \_\_\_\_\_
- 3.- \_\_\_\_\_
- 4.- \_\_\_\_\_
- 5.- \_\_\_\_\_

4.- ¿Qué toma en cuenta para ir o no ir a un sitio en particular?

Factor	
Distancia	
Paisaje	
Profundidad	
Costo	
Experiencia	
Otro (especifique)	

Sección III. Medidas de manejo/control de los prestadores.

5.- El servicio que usted ofrece, ¿requiere de la contratación de un guía? Marque con una X

SI \_\_\_ NO \_\_\_

6.- ¿De qué se encarga el guía durante la visita a los arrecifes?

Proporciona información sobre la importancia de los arrecifes, sobre lo que van a ver y sobre lo que pueden y no pueden hacer.	
--	--



Divide y organiza al grupo que va en la lancha	
Lleva al mismo sitio a todos o a sitios diferentes dependiendo de su experiencia	
Tiene la autoridad para suspender el paseo si un visitante daña el arrecife	
Otras, explique brevemente	

7.- ¿Cuántas personas lleva en la embarcación? (En promedio y como máximo)

\_\_\_\_\_

8.- ¿Con qué medidas de seguridad cuenta la lancha?

\_\_\_\_\_

Sección IV. Medidas de regulación institucionales.

9.- Entre la comunidad o por parte de las autoridades, ¿Existen regulaciones para el uso de los sitios que visita?

\_\_\_\_\_

10.- ¿En qué consisten estas regulaciones?

\_\_\_\_\_

11.- ¿Quién tiene a su cargo la aplicación de las regulaciones?

\_\_\_\_\_

12.- ¿Quién tiene a su cargo la vigilancia de que se apliquen las regulaciones?

\_\_\_\_\_

Sección V. Impactos sobre los arrecifes.

13.- En todo el tiempo que ha prestado servicios en esta zona, ¿ha presenciado deterioro/cambios en los arrecifes que visita?

\_\_\_\_\_

14.- Entre las causas de ese deterioro, ¿cuáles cree que son de origen natural?

\_\_\_\_\_

15.- ¿Cómo cree que se pueda evitar o disminuir ese deterioro?

Impactos de origen natural	Acciones

16.- Entre las causas de ese deterioro, ¿cuáles cree que son originadas por acciones del hombre? \_\_\_\_\_

17.- ¿Cómo cree que se pueda evitar o disminuir ese deterioro?

Impactos de origen humano	Acciones

18.- Si deseará hacer algo para proteger los arrecifes ¿Tienen alguna forma de organizarse, aparte de su empresa/cooperativa? \_\_\_\_\_

## APENDICE 2

### LISTADO DE ESPECIES

<b>Género</b>	<b>Especie</b>
Acropora	<i>Acropora cervicornis</i> <i>Acropora palmata</i>
Agaricia	<i>Agaricia agaricites</i> <i>Agaricia fragilis</i> <i>Agaricia humilis</i> <i>Agaricia tenuifolia</i>
Colpophyllia	<i>Colpophyllia natans</i>
Dendrogyra	<i>Dendrogyra cylindrus</i>
Dichocoenia	<i>Dichocoenia stockesi</i>
Diploria	<i>Diploria labyrinthiformis</i> <i>Diploria strigosa</i>
Eusmilia	<i>Eusmilia fastigiata</i>
Helioseris	<i>Helioseris cucullata</i>
Isophyllastrea	<i>Isophyllastrea rigida</i>
Meandrina	<i>Meandrina meandrites</i>
Montastraea	<i>Montastraea annularis</i> <i>Montastraea cavernosa</i> <i>Montastraea faveolata</i> <i>Montastraea franksi</i>
Mycetophyllia	<i>Mycetophyllia sp</i>
Porites	<i>Porites asteroides</i> <i>Porites porites</i>
Siderastrea	<i>Siderastrea radians</i>
Stephanocoenia	<i>Stephanocoenia intersepta</i>

### APENDICE 3

#### PORCENTAJE PROMEDIO DE COBERTURA DE CORAL EN TODOS LOS SITIOS DE MAHAHUAL, QUINTANA ROO

Hábitat	Zona	Sitio	Porcentaje promedio	D. E.
Arrecife frontal	Norte	MHNF1	11.81	3.21
		MHNF2	4.82	4.91
		MHNF3	14.46	6.41
	Sur	MHSF1	9.53	2.74
		MHSF2	12.37	4.72
		MHSF3	10.43	1.82
Laguna Arrecifal	Norte	MHNL1	3.70	2.23
		MHNL2	1.04	1.94
		MHNL3	8.72	8.47
	Sur	MHSL1	7.12	2.04
		MHSL2	8.08	5.00
		MHSL3	9.86	6.08

## APENDICE 4

### PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS INDICADORES DE LA CONDICIÓN DE LA COBERTURA DE CORAL EN TODOS LOS SITIOS DE MAHAHUAL, QUINTANA ROO

Sitios	Cobertura coralina	Mortalidad antigua coralina	Enfermedad de corales	Blanqueamiento de corales
MHNF1	11.81	1.18	0.18	0.16
MHNF2	4.82	1.98	0.18	0.90
MHNF3	14.46	2.21	2.14	0.34
MHNL1	3.70	1.88	0.00	0.00
MHNL2	1.04	1.00	0.00	0.00
MHNL3	8.72	1.94	0.00	0.08
MHSF1	9.53	3.05	0.00	0.00
MHSF2	12.37	1.19	0.00	1.27
MHSF3	10.43	1.46	0.20	0.51
MHSL1	7.12	1.23	0.00	0.00
MHSL2	8.08	3.89	0.00	0.00
MHSL3	9.86	1.90	0.00	0.26

## APENDICE 5

### LEYES Y NORMAS RELACIONADAS A LOS ARRECIFES DE CORAL Y A LOS PRESTADORES DE SERVICIOS TURÍSTICOS.

Ley o norma	Contenido
Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	En las zonas marinas mexicanas la Secretaría, por sí o por conducto de la Secretaría de Marina, realizará los actos de inspección, vigilancia y, en su caso, de imposición de sanciones por violaciones a las disposiciones de esta Ley.
Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMMC)	Es el instrumento de política ambiental que permitirá regular e inducir los usos del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.
NOM-059-SEMARNAT-2010	Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo.
NOM-006-PESC-2001	Regular el aprovechamiento de todas las especies de langosta en las aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe, así como del Océano

---

	Pacífico incluyendo el Golfo de California.
NOM-008-PESC-1993	Ordenar el aprovechamiento de las especies de pulpo de las aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe.
NOM-013-PESC-1994	Para aprovechar las especies de caracol en aguas de jurisdicción federal de los estados de Campeche, Quintana Roo, y Yucatán.
NOM-029-PESC-2000	Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento.
NOM-065-PESC-2007	Para regular el aprovechamiento de las especies de mero y especies asociadas, en aguas de jurisdicción federal del litoral del Golfo de México y Mar Caribe.
NOM-017 PESC-1994	Para regular las actividades de pesca deportivo-recreativa en las aguas de jurisdicción federal.
Ley Federal de Turismo	Determinar los mecanismos para la conservación, mejoramiento, protección, promoción, y aprovechamiento de los recursos y atractivos turísticos nacionales, preservando el patrimonio natural, cultural, y el equilibrio ecológico con base en los criterios determinados por las leyes en la materia, así como contribuir a la creación o desarrollo de nuevos atractivos turísticos, en apego al marco jurídico vigente.

---

---

Reglamento de la Ley Federal de Turismo	Formular las reglas y procedimientos para establecer, el ordenamiento turístico del territorio Nacional.
NOM-05TUR-2003	Requisitos mínimos de seguridad a que deben sujetarse las operadoras de buceo para garantizar la prestación del servicio.  Obligatoria para quine proporcione o contrate con el turista la prestación de los servicios a que se refiere el artículo 58 del Reglamento de la Ley Federal de Turismo.
NOM-09TUR-2002	Establece los elementos a que deben sujetarse los guías especializados en actividades específicas. Definir los procedimientos, requisitos de información, seguridad y protección al turista y medio ambiente, patrimonio natural y cultural que se requieren en el desarrollo de la actividad, que realizan los guías de turistas especializados.
NOM-011TUR-2001	Requisitos de seguridad, información y operación que deben cumplir los prestadores de servicios turísticos de Turismo de aventura

---